STAVEBNICE A KONSTRUKCE
A Radio

ROČNÍK V/2001
ČÍSLO 1

Stavebnice a konstrukce A Radio

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce:
šéfredaktor : Alan Kraus, *kraus@jmtronic.cz*
Redakce: Na Beránce 2, 160 00 Praha 6
tel.: (02) 22 81 23 19
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 30 Kč.
Roční předplatné 156 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol s r. o.
Mediaprint & Kapa a soukromí distributoři.
Objednávky a předplatné v České republice
zajišťuje Amaro spol. s r. o. - Michaela
Jiráčková, Hana Merglová
(Radlická 2, 150 00 Praha 5
tel.: (02) 57 31 73 12, 57 31 73 13) , PNS.

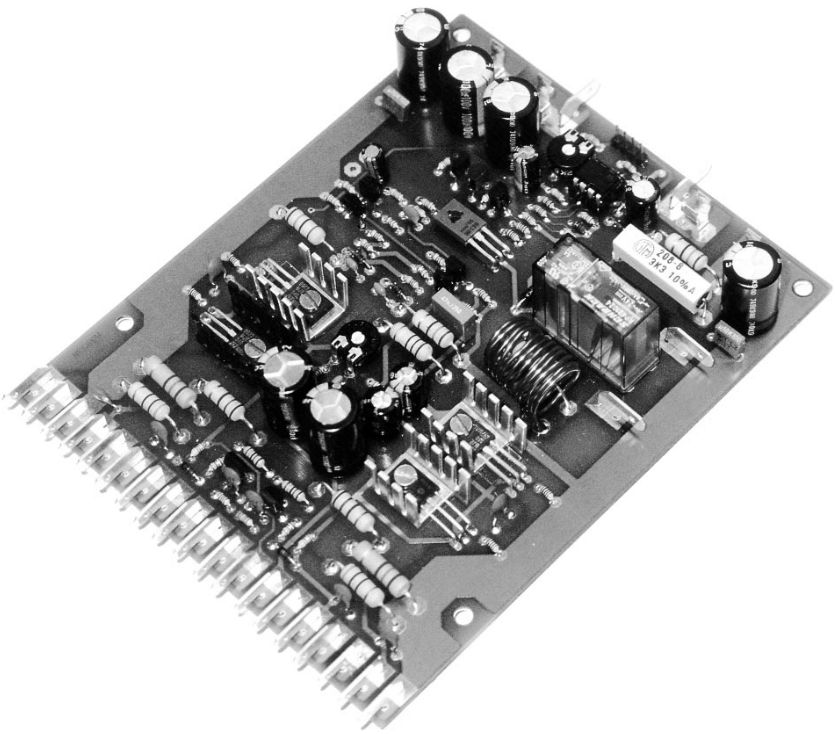
Distribúciu, predplatné a inzerciu pre
Slovenskú republiku zabezpečuje:
Magnet-Press Slovakia s.r.o., P.O.Box 169,
830 00 BRATISLAVA
tel./fax: 07/44 45 45 59 - predplatné
tel./fax: 07/44 45 46 28 - administratíva
tel./fax: 07/44 45 06 93 - inzercia
e-mail: magnet@pres.sk
Sídlo firmy: Teslova 12, 821 02 Bratislava

Podávání novinových zásilek povoleno
Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha
(č.j. nov 6280/97 ze dne 22.8.1997).
Inzerci v ČR přijímá Amaro s. r. o.
Radlická 2, 150 00 Praha 5
tel.: (02) 57 31 73 11

MKČR 7792

ISSN 1212-1843

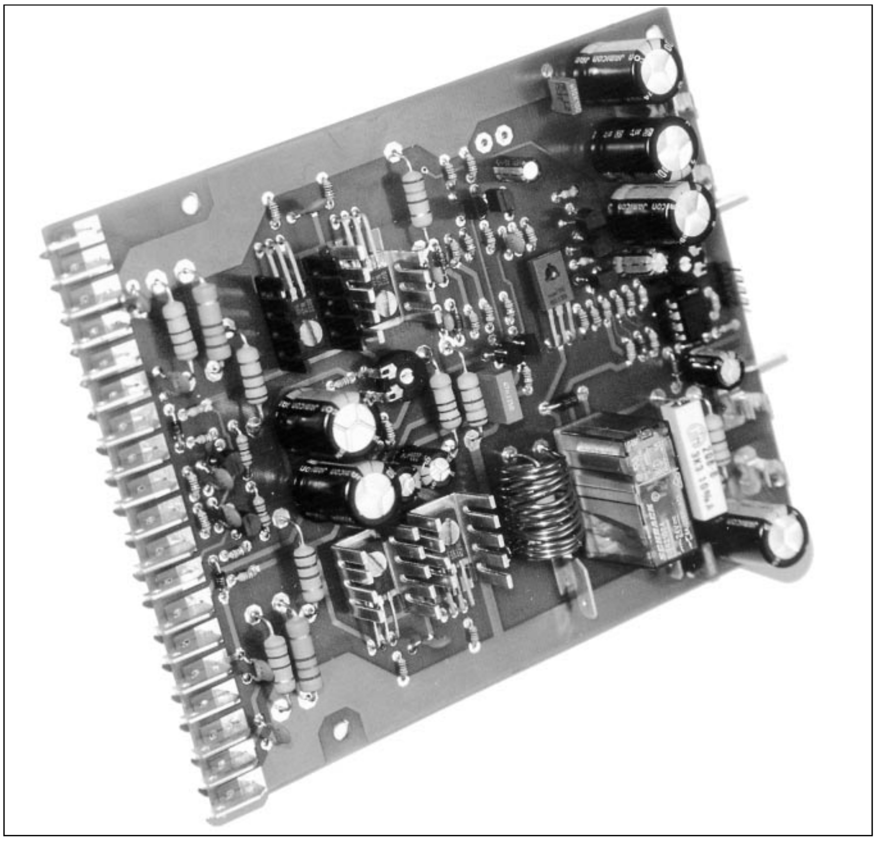
Obsah



Power mix AX 662

Koncový zesilovač 300 W

V předminulém čísle SaK jsme započali seriál o mixážním zesilovači AX662. Protože jsme se na poslední chvíli rozhodli změnit některé konstrukční prvky, původně použité v konstrukci (například potenciometry byly z prostorových důvodů z průměru 16 mm změněny na průměr 12 mm, byl použit jiný spolehlivější typ tlačítkových přepínačů apod.), vynechali jsme pokračování v minulém čísle, aby bylo možné tyto změny realizovat. Dnes tedy pokračujeme popisem koncového stupně (na zbytek popisů vstupních obvodů jsme nezapomněli, bude z výše zmíněných důvodů dokončen v SaK 2).



Popis

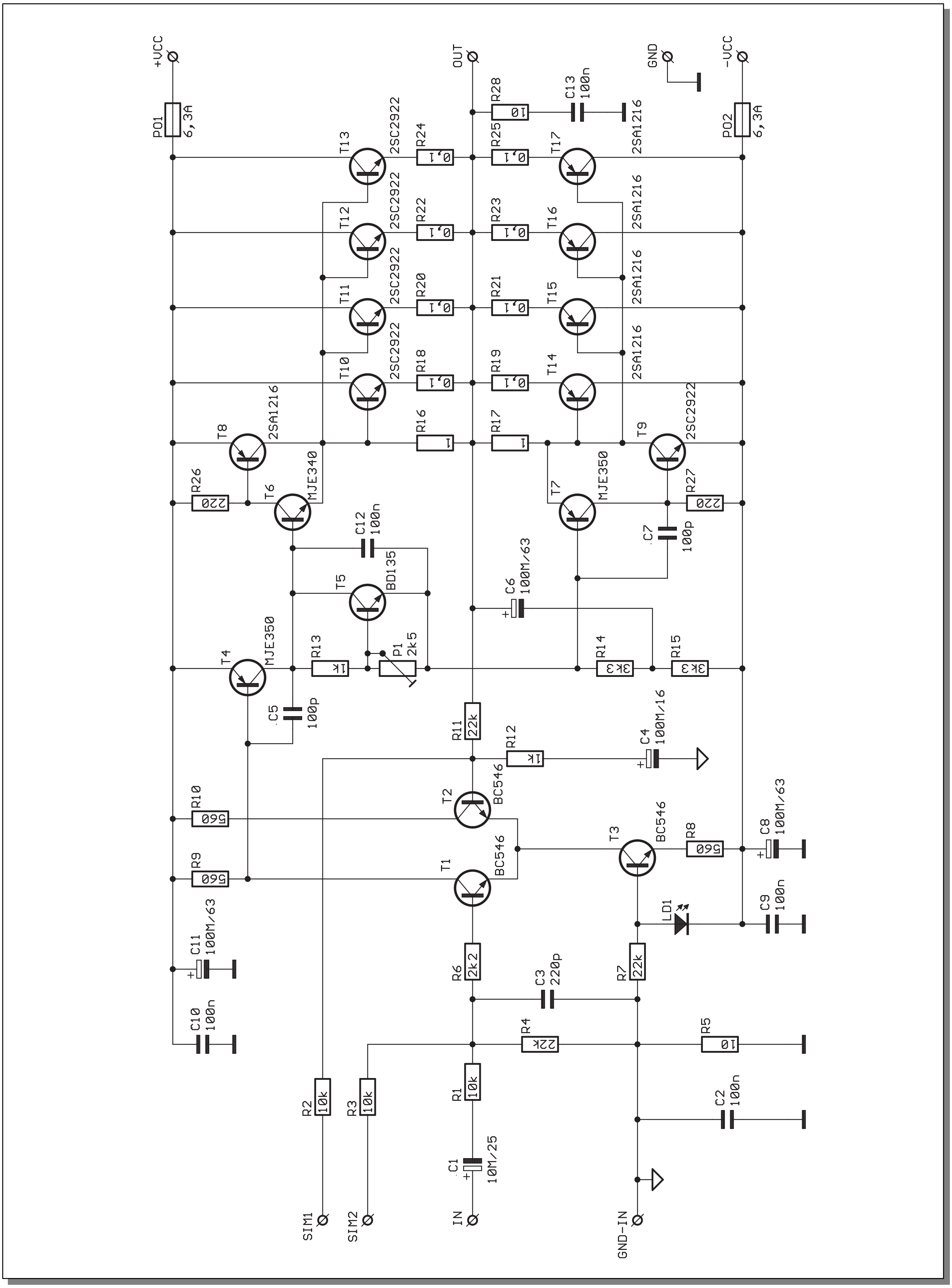
Schéma zapojení modulu koncového zesilovače je na obr. 1. Při návrhu jsme preferovali jednoduchost konstrukce a relativní robustnost (předimenzování koncových tranzistorů). Protože koncepce Power mixu AX 662 je modulová, nebude problém případně na místě koncového stupně použít některé z nově připravovaných zapojení. Osobně se ale domnívám, že naprosté většině „normálních“ muzikantů nebo zvukařů je v podstatě jedno, zda má zesilovač typické zkreslení okolo 0,05 % jako v našem případě nebo 0,001 u High End zařízení. Daleko důležitější je provozní spolehlivost.

Vstupní obvod je řešen klasicky diferenčním zesilovačem s tranzistory T1 a T2, které jsou napájeny ze zdroje proudu s tranzistorem T3. Vstupní impedanci tvoří odpory R1 a R4. Kondenzátor C3 omezuje průnik vf rušení do vstupních obvodů zesilovače. Zesílený signál z kolektoru T1 pokračuje na napěťový budicí stupeň s tranzistorem T4. Ten pracuje do zátěže, tvořené odpory R14 a R15. Kondenzátor C6 zajišťuje buzení tranzistoru T7 i při plném rozkmitu výstupního signálu (k zápornému napájecímu napětí). Tranzistor T5 s odporovým děličem R13/P1 stabilizuje klidový proud koncovými tranzistory při různé teplotě. Proto je použit typ BD135 v pouzdru TO126, které je spolu s ostatními tranzistory namontováno na společný žebrovaný chladicí profil. Za napěťovým budičem následuje proudový budič, tvořený komplementárními dvojicemi T6, T8 a T7, T9. Vzhledem k relativně malému odporu R16 a R17 protéká proudovým budičem poměrně velký klidový proud. Koncový stupeň je tvořen čtyřmi páry výkonových tranzistorů 2SC2922 a 2SA1216. Tyto tranzistory se vyznačují vysokým mezním kmitočtem okolo 50 MHz, kolektorovou ztrátou 200 W a maximálním kolektorovým proudem 17 A. Velké pouzdro MT-200 s dvěmi upevňovacími šrouby přispívá k dobrému odvodu tepla z tranzistoru při zachování jednoduché montáže (na plocho bez vrtání jako u TO3). Sériová kombinace R28/C13 na výstupu omezuje náchylnost zesilovače ke kmitání.

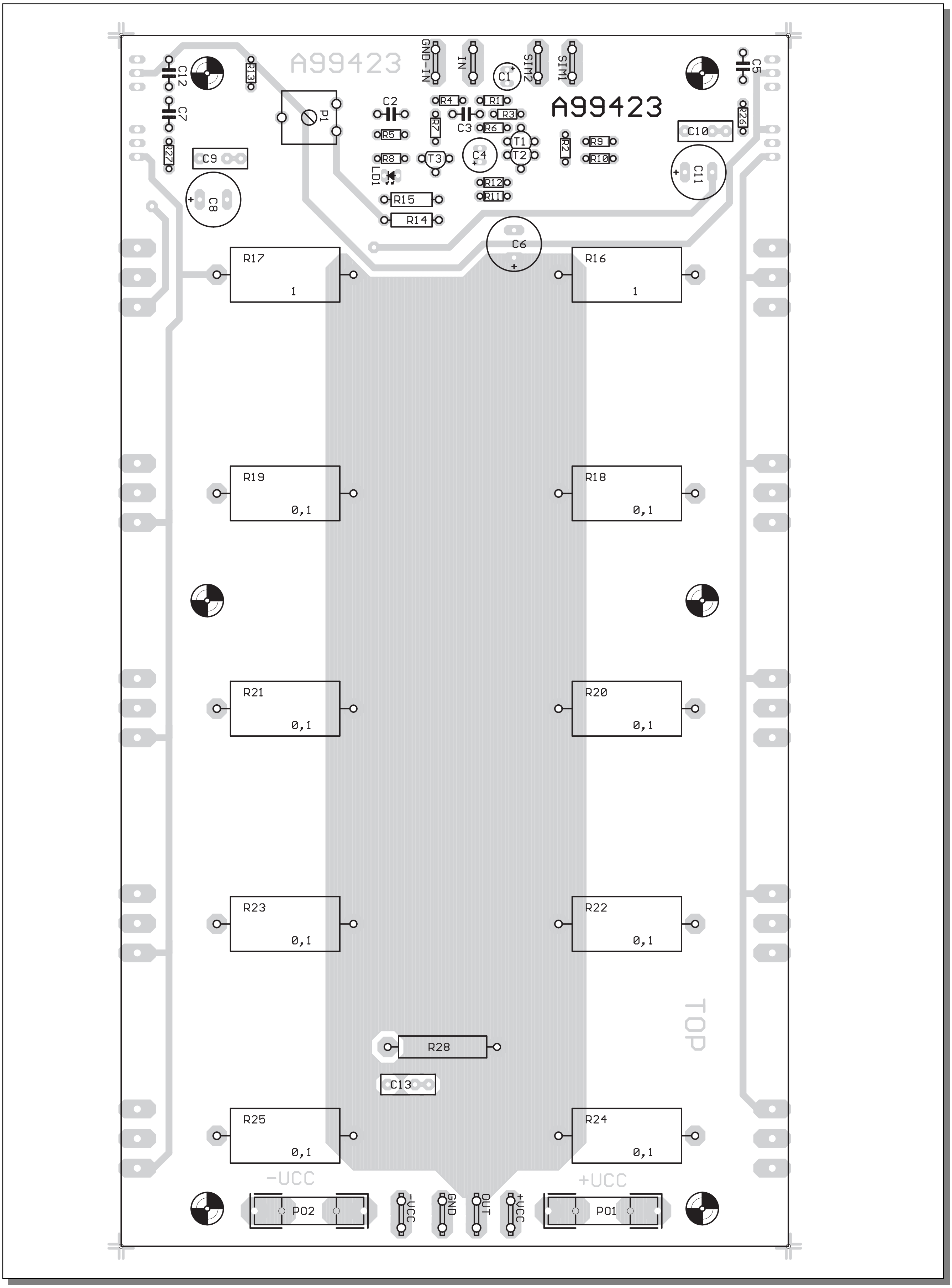
Za povšimnutí stojí vývody označené SIM1 a SIM2 u vstupního zesilovače. Tyto body slouží k připojení externího detektoru limitace, který vyhodnocuje rozdíl signálů na obou vstupech. Pracuje-li koncový zesilovač v lineárním režimu (mimo limitaci), je rozdíl napětí na obou vstupech velmi malý. Dostane-li se koncový stupeň do limitace, zpětná vazba se snaží „signál dotáhnout“ a rozdíl napětí se výrazně zvětší. To mohou využít další obvody k indikaci limitace nebo například k řízení limiteru, který na vstupu omezí buzení.

Stavba

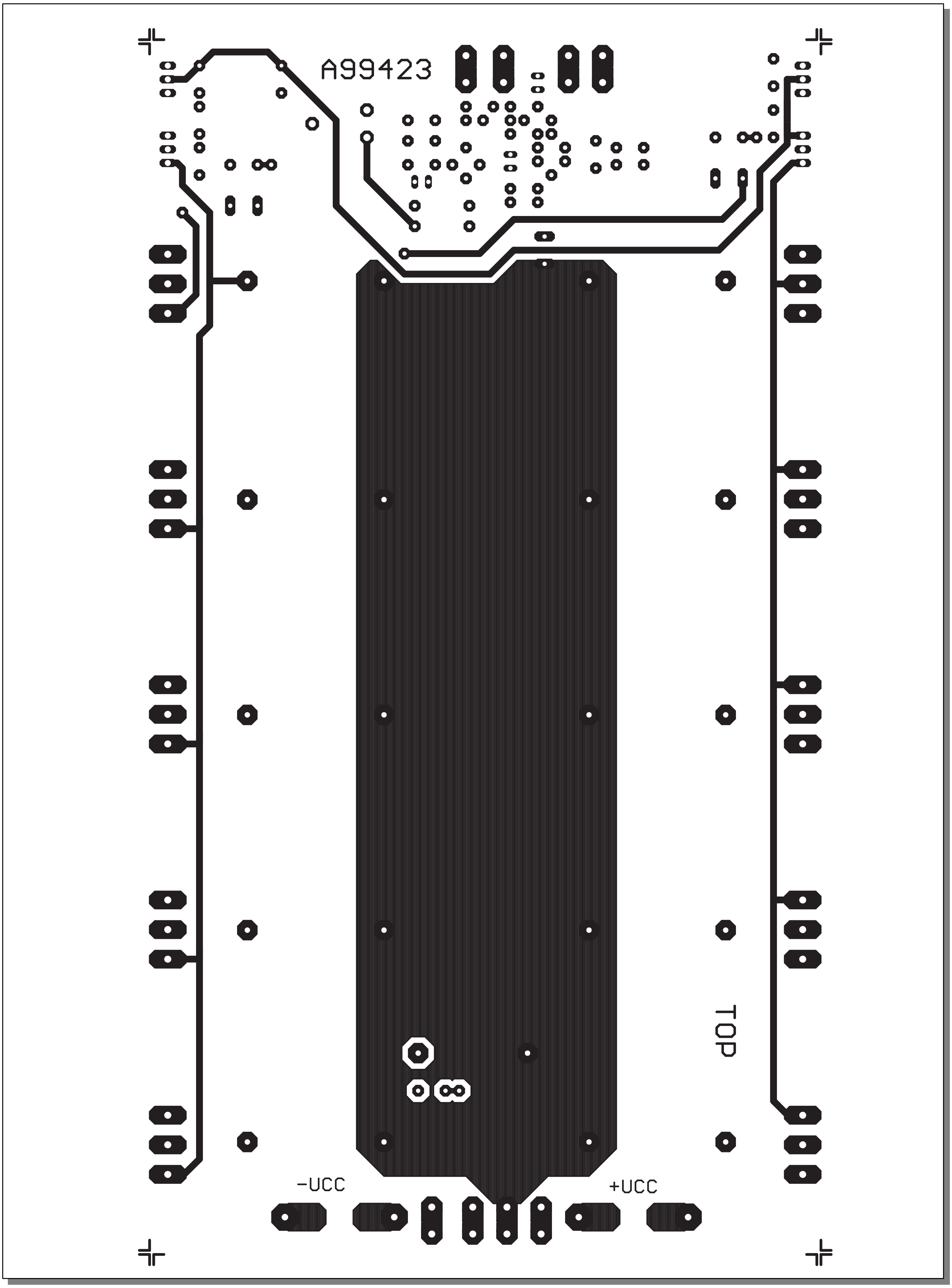
Koncový stupeň je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji



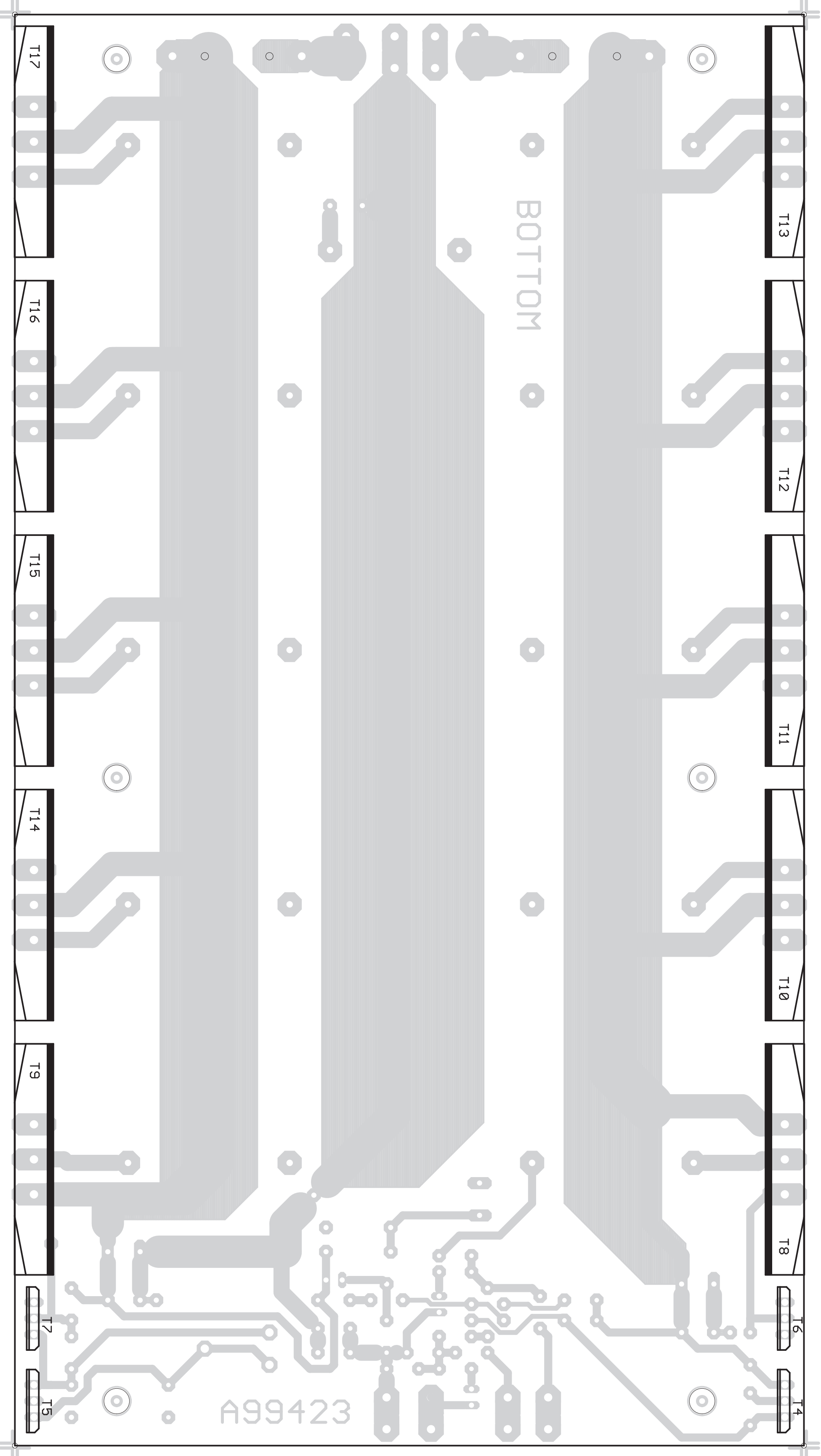
Obr. 1. Schéma zapojení koncového zesilovače AX662



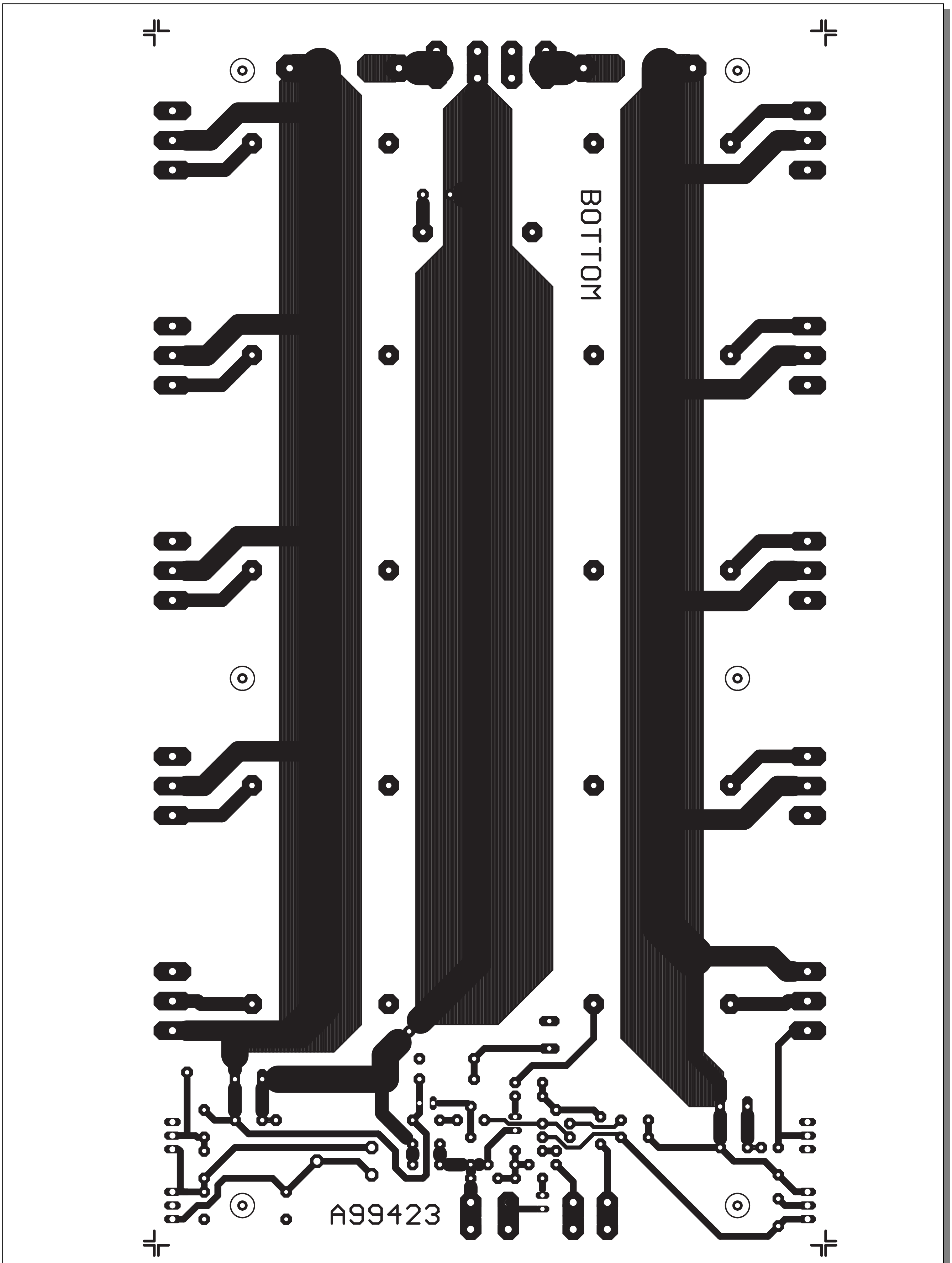
Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji koncového zesilovače - strana součástek



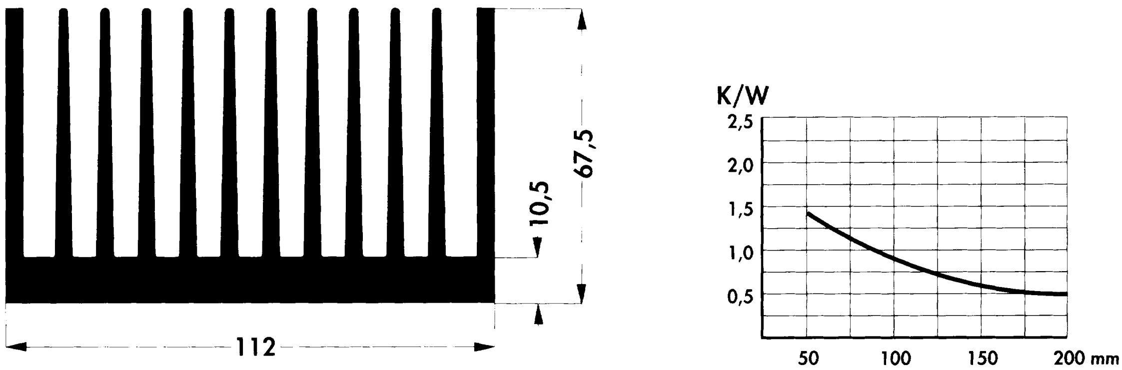
Obr. 3. Obrazec desky s plošnými spoji koncového zesilovače - strana součástek (TOP). Měřítko 1:1



Obr. 4. Rozložení součástek na desce koncového zesilovače - strana spojů (BOTTOM)



Obr. 5. Obrazec desky spojů koncového zesilovače - strana spojů (BOTTOM). Měřítko 1:1



Chladicí profil, použitý v konstrukci zesilovače

o rozměrech 124 x 225 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji ze strany součástek je na obr. 2, ze strany spojů (koncové tranzistory) je na obr. 3, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 4, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 5. Konstrukčně je modul koncového zesilovače řešen s ohledem na co nejjednodušší montáž a zapojení. Všechny díly včetně všech tranzistorů jsou umístěny na desce s plošnými spoji, která je přišroubována na rovnou zadní desku podélně žebrovaného Al chladicího profilu. K tomu byl vybrán profil SK121 od firmy Fischer. Je to jednostranně žebrovaný profil s šířkou 112 mm a výškou žeber 67,5 mm. Pro délku profilu 200 mm má udávaný tepelný odpor 0,5 °K/W. Zadní stěna má sílu 10 mm a krajní žebra 5 mm, což zaručuje dobrý rozvod tepla po profilu. Deska zesilovače je k profilu přišroubována na distančních sloupcích. Součástky se nacházejí na horní straně desky, pouze koncové a budicí tranzistory jsou otočeny směrem k chladiči. Protože jsou umístěny podél obou bočních stran desky spojů, lze je snadno přišroubovat k bočním stěnám chladiče. Chladicí profil s deskou koncového zesilovače tak tvoří kompaktní modul, který lze snadno umístit. Signálové, výstupní a napájecí přívody k desce koncového zesilovače jsou řešeny pomocí plochých konektorů faston, což opět usnadňuje montáž či případnou výměnu celého bloku.

Ve skříni zesilovače jsou oba výkonové zesilovače umístěny podél bočních stěn skříně, takže toroidní síťový transformátor se zdrojem je umístěn symetricky ve středu zesilovače. Chlazení je navíc doplněno dvěma ventilátory, umístěnými po stranách zadního panelu zesilovače. Tím je zaručen bezpečný teplotní režim zesilovače i v nepříznivých podmínkách.

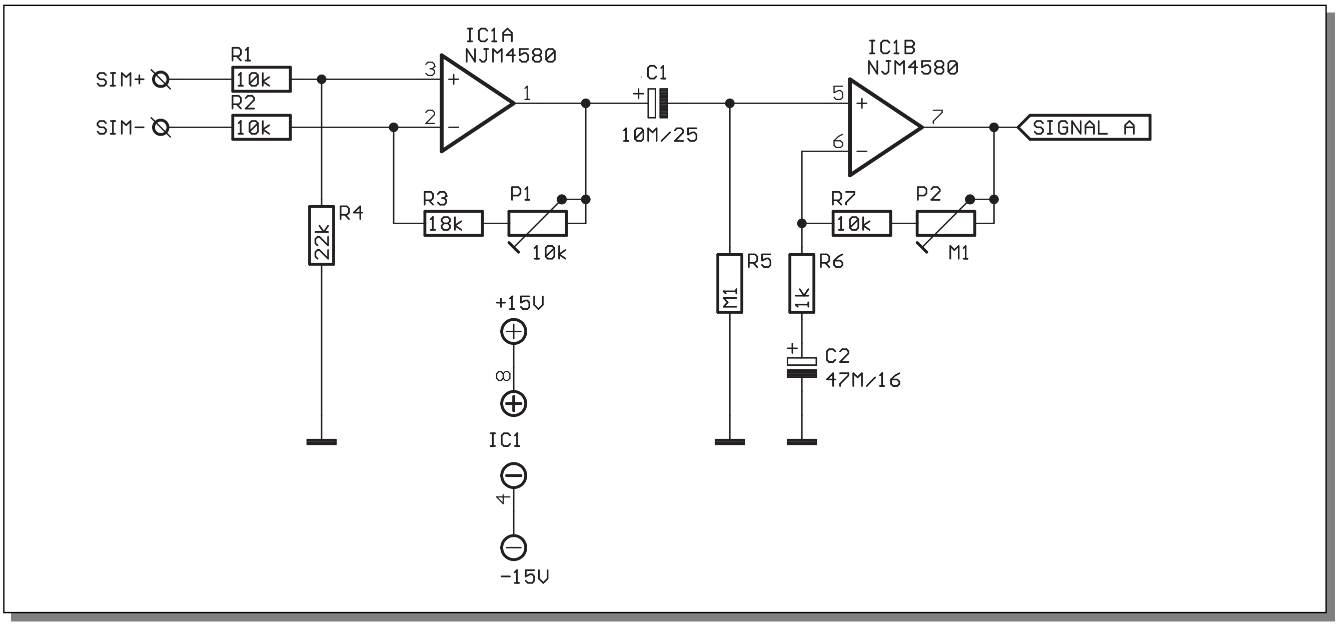
Ochrany (tepelná, proti zkratu, zpožděný start, stejnosměrné napětí na výstupu...) jsou situovány na zvláštní desce u výstupních konektorů na zadním panelu.

Pokračování příště.

Seznam součástek

R1	10 kΩ
R2	10 kΩ
R3	10 kΩ
R4	22 kΩ
R5	10 Ω
R6	2,2 kΩ
R7	22 kΩ
R8	560 Ω
R9	560 Ω
R10	560 Ω
R11	22 kΩ
R12	1 kΩ
R13	1 kΩ
R14	3,3 kΩ/0,6 w
R15	3,3 kΩ/0,6 w
R16	1 Ω/5 W
R17	1 Ω/5 W
R18	0,1 Ω/5 W
R19	0,1 Ω/5 W
R20	0,1 Ω/5 W
R21	0,1 Ω/5 W
R22	0,1 Ω/5 W
R23	0,1 Ω/5 W
R24	0,1 Ω/5 W
R25	0,1 Ω/5 W
R26	220 Ω
R27	220 Ω
R28	10 Ω/2 W
C1	10 μF/25 V
C2	100 nF
C3	220 pF
C4	100 μF/16 V
C5	100 pF
C6	100 μF/63 V
C7	100 pF
C8	100 μF/63 V
C9	100 nF/CF2
C10	100 nF/CF2
C11	100 μF/63 V
C12	100 nF
C13	100 nF/CF2
LD1	LED 3 mm
T1	BC546
T2	BC546
T3	BC546
T4	MJE350
T5	BD135
T6	MJE340
T7	MJE350
T8	2SA1216
T9	2SC2922
T10	2SC2922
T11	2SC2922
T12	2SC2922
T13	2SC2922
T14	2SA1216
T15	2SA1216
T16	2SA1216
T17	2SA1216
P1	2,5 kΩ-PT10L
PO1	6,3 A
PO2	6,3 A

Monitor limitace zesilovače



Obr. 1. Schéma zapojení monitoru limitace - vstupní obvody

Limitace zesilovače způsobuje vždy prudký nárůst zkreslení, které je většinou velmi dobře slyšet. Proto patří na koncových zesilovačích indikace přebuzení k jedné z nejdůležitější. Metody odvozené od pouhého měření úrovně výstupního (případně vstupního) napětí jsou více méně k ničemu, protože nezohledňují okamžité provozní podmínky (napájecí napětí v síti, skutečnou zatěžovací impedanci, charakter buzeného signálu – ojedinělá výkonová špička při jinak nízké úrovni nebo trvale plný výkon apod.). Všechny tyto okolnosti mají vliv na momentálně dosažitelný práh limitace.

V poslední době se začíná prosazovat metoda monitorování limitace koncového zesilovače, založená na porovnávání signálů na diferenčních vstupech koncových zesilovačů. Nezáleží na tom, zda je na vstupu zesilovače klasický operační zesilovač nebo zda je vstup řešen klasicky z diskrétních součástek. V podstatě se vychází z toho, že vstupní signál a signál ze smyčky záporné zpětné vazby musí být prakticky shodný. To platí v případě, že celý systém (v našem případě koncový zesilovač) pracuje v lineárním režimu, tj. před limitací. V okamžiku nasazení limitace se signály na vstupu zesilovače a ze smyčky zpětné vazby začnou odlišovat. Pokud navrhneme obvod, který porovnává oba vstupy – přímý a zpětnovazební (neinvertující a invertující vstup OZ) a signalizuje, pokud se oba signály „rozejdou“ o předem danou mez, máme monitor limitace, který detekuje limitaci, pokud k ní reálně dojde.

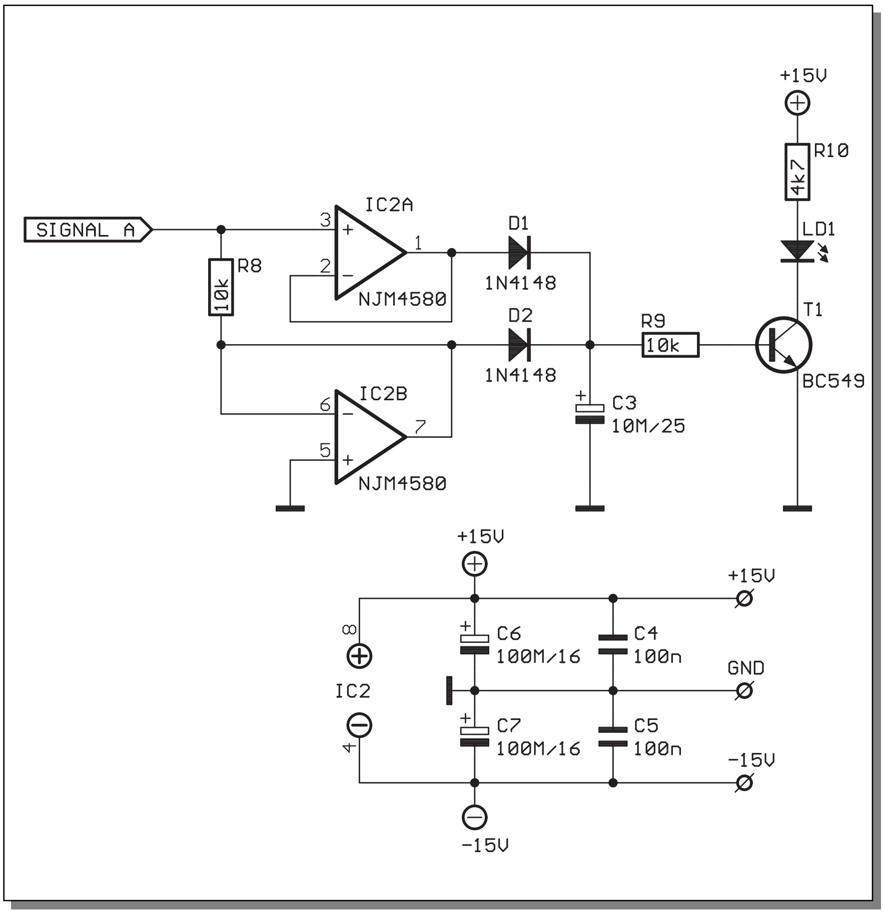
Popis

Monitor limitace se skládá ze čtyř bloků. Na obr. 1 jsou první dva. Na svorky označené ISM+ a SIM- přivedeme signál z obou vstupů koncového zesilovače (invertujícího i neinvertujícího). Prvním operačním zesilovačem nastavujeme symetrii celého zařízení. Trimrem P1 nastavíme klidový výstupní signál na kondenzátoru C1 (před limitací) na minimum. Tím jsou eliminovány případné tolerance hodnot součástek. Druhý stupeň se zesilovačem IC1B slouží k nastavení citlivosti monitoru. Zisk tohoto stupně můžeme trimrem P2 nastavit v rozmezí 10 až 100 (20 až 40 dB). Třetí stupeň na obr. 2, tvořený dvojitým operačním zesilovačem IC2 je celovlnný usměrňovač s diodami D1 a D2. Chybové napětí po usměrnění nabíjí kondenzátor C3. V okamžiku, kdy napětí na C3 dosáhne asi 0,7 V, otevře se přes odpor R9 tranzistor T1, který má ve svém kolektoru indikační LED LD1. Ta rozsvícením signalizuje dosažení limitace. Kondenzátor C3 spolu s odporem R9 tvoří současně časovou konstantu, která zviditelní i krátké modulační špičky.

Monitor je napájen z externího zdroje ±15 V. To by ve většině zařízení mělo být bez problémů k dispozici.

Stavba

Monitor limitace je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 58 x 25 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Stavba monitoru je velmi jednoduchá. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Připojíme napájecí napětí a vstupní signály. Zesilovač vybudíme sinu-

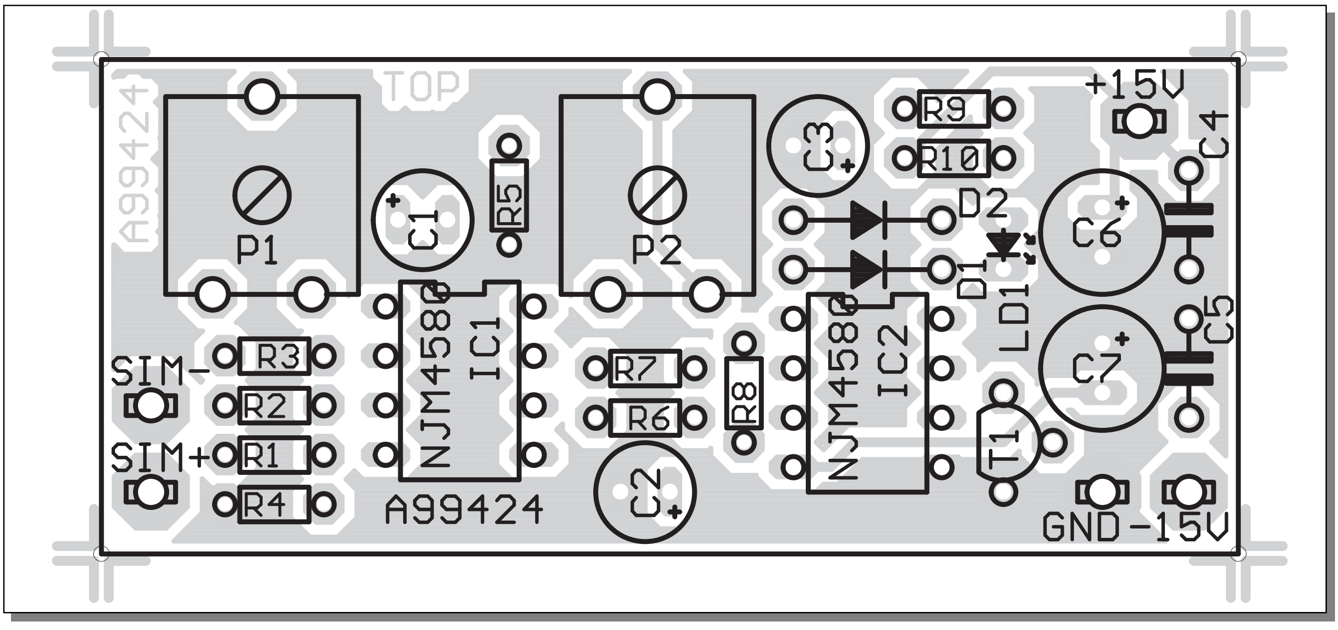


Obr. 2. Schéma zapojení monitoru limitace - indikace

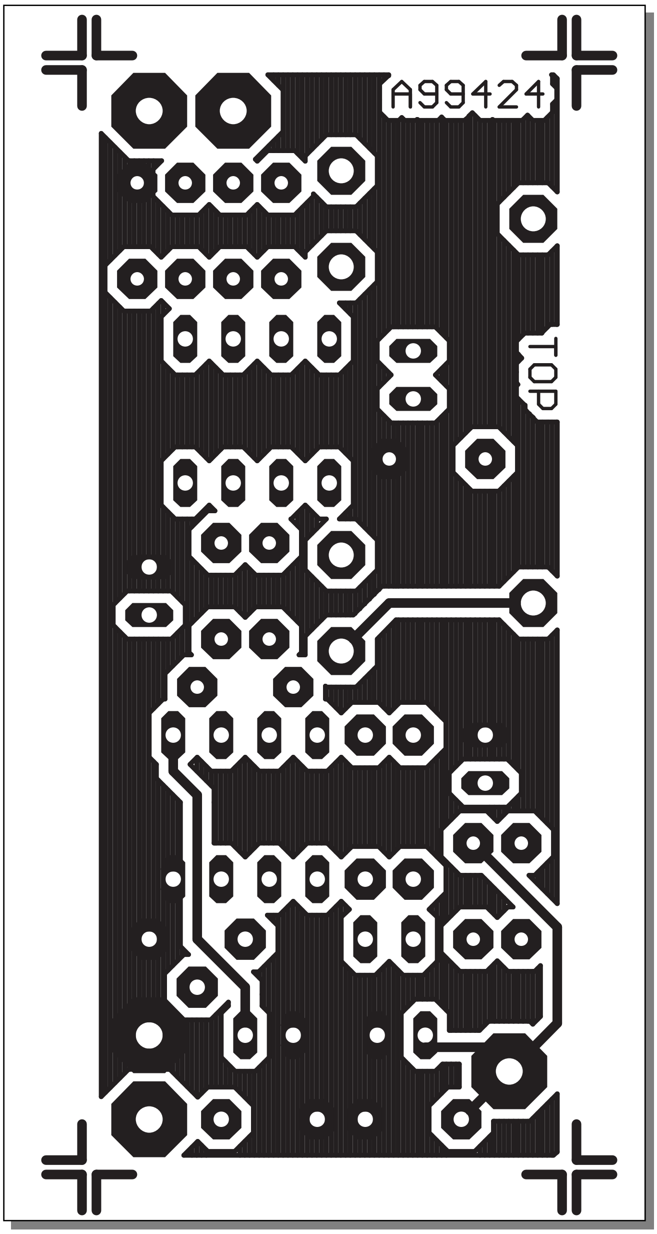
Seznam součástek

R1	10 kΩ
R2	10 kΩ
R3	18 kΩ
R4	22 kΩ
R5	100 kΩ
R6	1 kΩ
R7	10 kΩ
R8	10 kΩ
R9	10 kΩ
R10	4,7 kΩ
C1	10 μF/25 V
C2	47 μF/16 V
C3	10 μF/25 V
C4	100 nF
C5	100 nF
C6	100 μF/16 V
C7	100 μF/16 V
D1	1N4148
D2	1N4148
IC1	NJM4580
IC2	NJM4580
LD1	LED 3 mm
T1	BC549
P1	10 kΩ-PT10L
P2	100 kΩ-PT10L

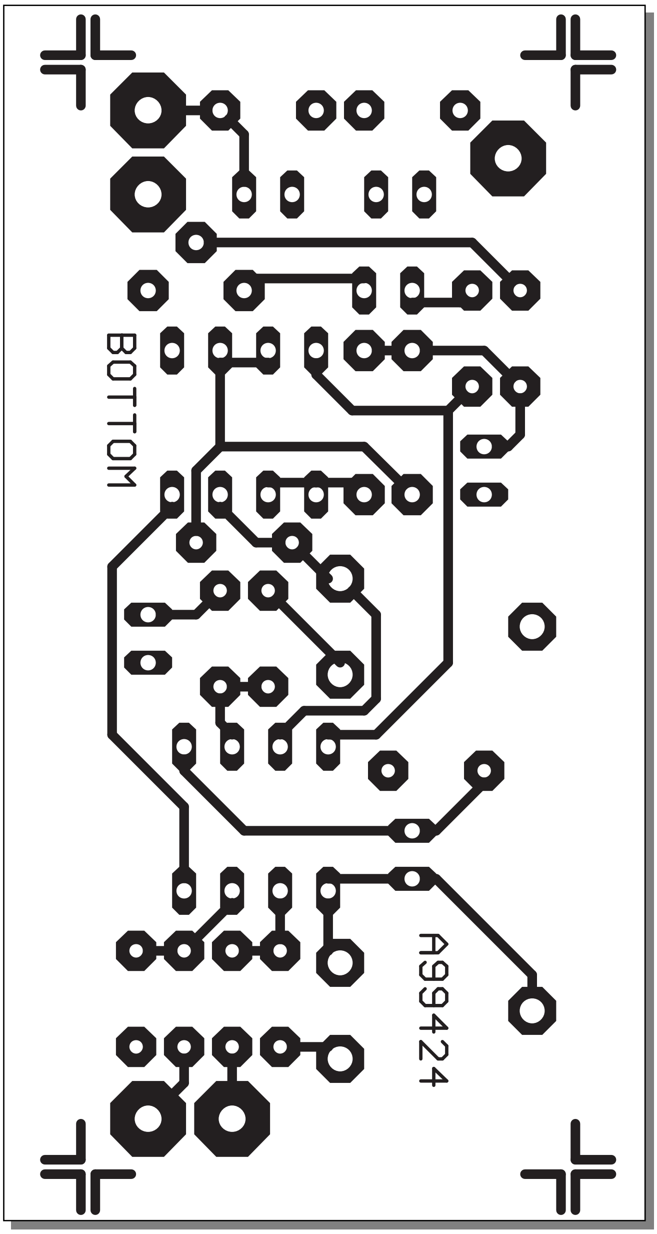
sovým signálem zhruba na poloviční výkon (musí být bezpečně pod úrovní limitace). Trimrem P1 nastavíme na výstupu prvního zesilovacího stupně minimální střídavé napětí. Potom zvýšíme vstupní signál, až na osciloskopu uvidíme počátek limitace. Trimrem P2 nastavíme zesílení tak, aby právě začala prosvěcovat LED LD1. Zkusíme ještě měnit vybuzení, aby jsme si ověřili citlivost celého monitoru. Můžeme též monitor



Obr. 3. Rozložení součástek na desce monitoru limitace



Obr. 4. Deska monitoru limitace - TOP. M 2,5:1



Obr. 5. Deska monitoru limitace - BOTTOM. M 2,5:1

vyzkoušet na reálném signálu a podle limitace na osciloskopu ještě případně citlivost upravit. Tím je monitor limitace hotov. Jeho výhodou je především nezávislost na provozních podmínkách, kdy za všech okolností indikuje pouze skutečně vzniklou limitaci.

Závěr

Popsaný monitor limitace je použitelný u naprosté většiny moderních koncových zesilovačů, které mají vstupní obvody buď přímo s operačním zesilovačem nebo s diferenčním vstupním zesilovačem.

Takto řešený modul indikace může sloužit za základ například automatického limiteru, který při detekci limitace zmenší zesílení (upraví vstupní signál do zesilovače) tak, aby byla limitace odstraněna. Mnoho profesionálních zesilovačů je již tímto systémem vybaveno. Proti klasickému limiteru, který se běžně zapojuje před koncové zesilovače, má vestavěný limiter výhodu, že je schopen okamžitě reagovat na provozní podmínky a vždy dovolit zesilovači maximální výkon (ale samozřejmě pouze do limitace), kdežto externí limiter můžeme nastavit na nějakou fixní úroveň, která může výrazně snížit maximální dosažitelný výkon zesilovače nebo naopak nezabrání zesilovači se do limitace dostat. Ale o tom až někdy jindy.

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou A424 stojí 69,- Kč, kompletní stavebnice Monitoru limitace A99424, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 189,- Kč.

Metronom

Kdo se někdy učil hrát na nějaký hudební nástroj ví, jak důležité je dodržovat správnou rytmiku. Někdo má rytmus v těle, někdo k tomu potřebuje trošku dotlačit. V takovém případě je nezbytnou součástí výuky i metronom. Klasické mechanické metronomy s kyvadélkem mohou být sice i vhodným estetickým doplňkem hudebního koutku, začínající muzikant elektronik by ale spíše měl sáhnout po něčem modernějším. Jednoduché zapojení, které můžete snadno realizovat i ze „šuplíkových" zásob, je popsáno v následujícím příspěvku.

Popis

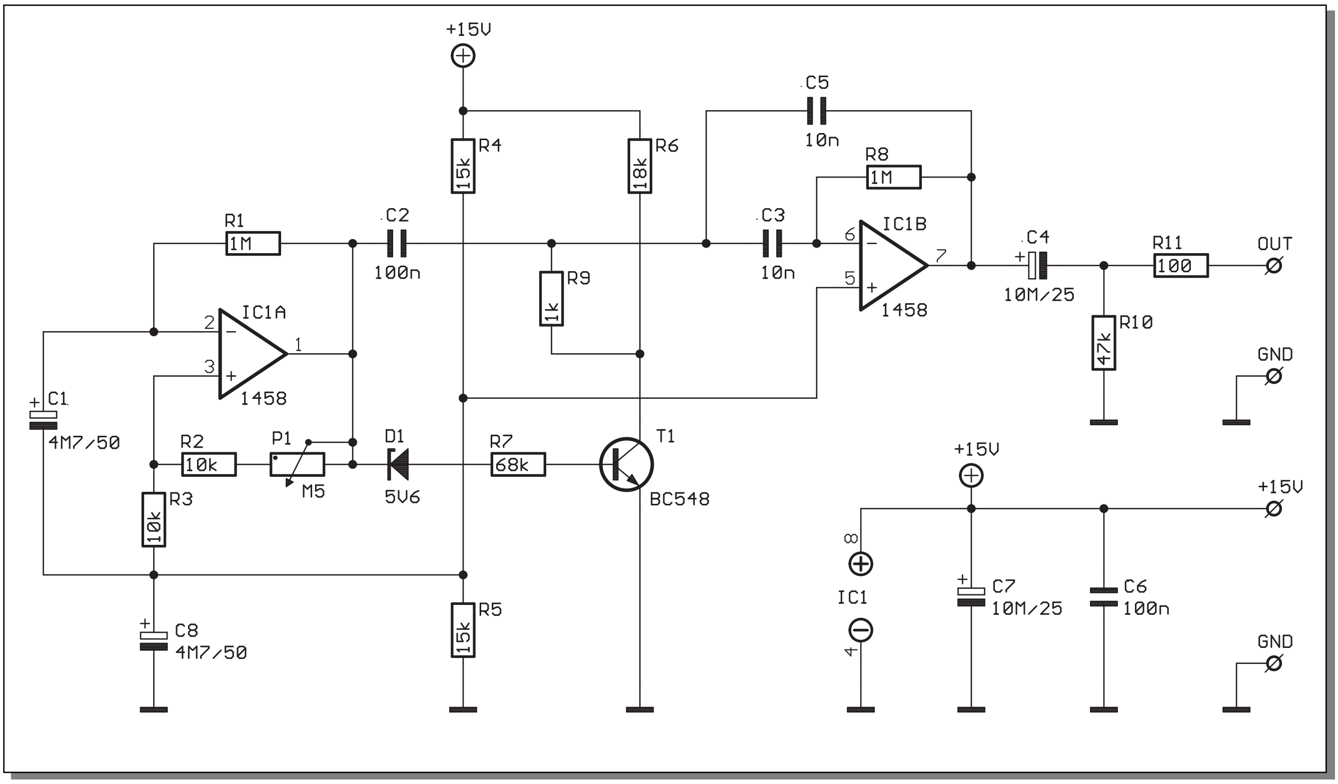
Schéma zapojení elektronického metronomu je na obr. 1. Zdrojem taktovacích impulsů je operační zesilovač IC1A, zapojený jako astabilní multivibrátor. Kmitočet určují kondenzátory C1 s odporem R2 a potenciometrem P1, kterým se dá nastavený kmitočet změnit. Protože obvod metronomu je napájen nesymetrickým napětím 12 až 15 V, je odpory R4 a R5 vytvořen umělý střed napájecího napětí. Ten je ještě dodatečně filtrován kondenzátorem C8. Aby nebyl zvuk metronomu příliš suchý (pouhé lupnutí), je druhou polovinou operačního zesilovače IC1B, zapojeného jako integrátor, zkreslován obdélníkový průběh výstupního napětí z multivibrátoru. Tím je dosaženo zvuku, připomínajícího právě klasický mechanický metronom.

Z integrátoru je signál přes vazební kondenzátor C4 a odpory R10 a R11 přiveden na výstup metronomu. Obvod metronomu není vybaven vlastním koncovým zesilovačem. Ten by zbytečně konstrukci prodražil. Je mnohem jednodušší připojit metroom na libovolný vstup obyčejného rádia, kazetového magnetofonu nebo podobného zařízení. Zesílení signálu, řízení hlasitosti i reprodukci pak obstará připojený přístroj. Pokud by byl vstupní signál do zesilovače příliš velký, stačí zvětšit odpor R11 (například na 10 kohmů) a mezi výstup a zem připojit odpor 470 ohmů až 2,2 kohmy (podle potřeby, nutno vyzkoušet).

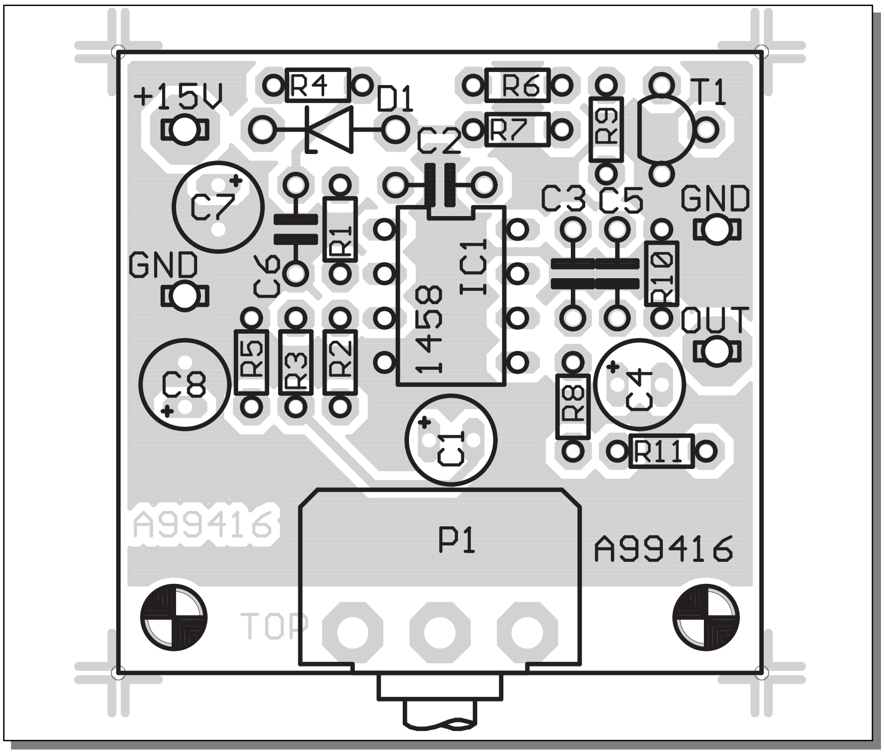
K napájení metronomu použijeme baterie (3 ploché baterie), nebo síťový adaptér. Odběr ze zdroje je asi 10 mA.

Stavba

Elektronický metronom je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 37 x 36 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Při stavbě nejprve zapájíme odpory a kondenzátory a na závěr polovodičové součástky. Protože je použita dvoustranná deska s prokovenými otvory, zkontrolujte pečlivě před zapájením, zda jsou použité součástky správně orientovány a mají



Obr. 1. Schéma zapojení elektronického metronomu



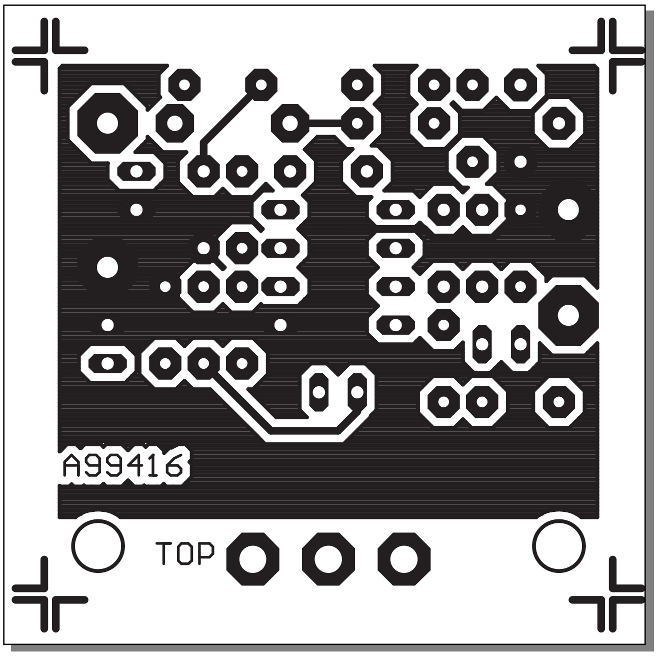
Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji metronomu

správnou hodnotu. Pokud nemáte dobrou odsávačku, z dvoustranných desek se zapájené součástky vyjímají obtížněji a může dojít k poškození desky nebo vývodů součástky. Proto zde obzvláště platí dvakrát měř a jednou pájej. Po zapájení všech součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Největší procento nefungujících zařízení při oživování je způsobeno právě různými nezapájenými vývody součástek nebo naopak cínovými můstky. Dobrá lupa by měla patřit k základnímu vybavení každého elektronika.

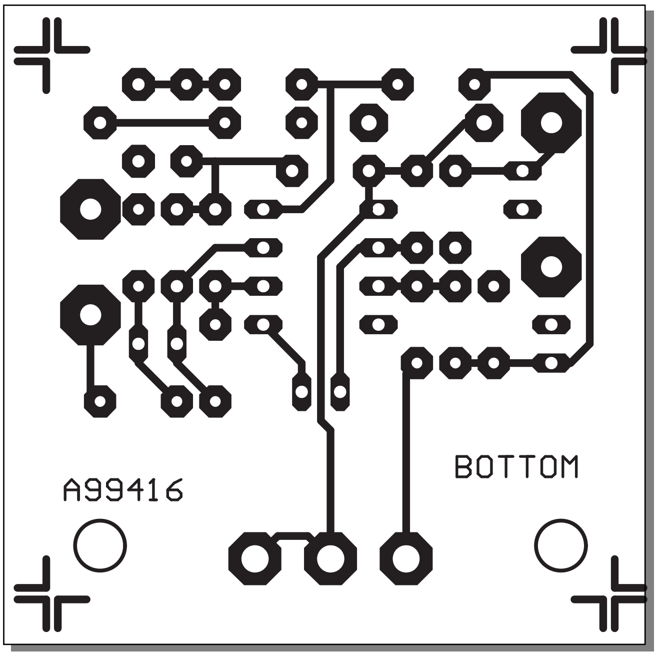
Seznam součástek

R1	1 MΩ
R2	10 kΩ
R3	10 kΩ
R4	15 kΩ
R5	15 kΩ
R6	18 kΩ
R7	68 kΩ
R8	1 MΩ
R9	1 kΩ
R10	47 kΩ
R11	100 Ω
C1	4,7 μF/50 V
C2	100 nF
C3	10 nF
C4	10 μF/25 V
C5	10 nF
C6	100 nF
C7	10 μF/25 V
C8	4,7 μF/50 V
D1	ZD-5V6
IC1	1458
T1	BC548
P1	500 kΩ-TP160A

Je-li vše v pořádku, můžeme k metronomu připojit napájecí napětí. S výjimkou potenciometru P1 obvod



Obr. 3. Deska spojů - TOP. Měřítko 2:1



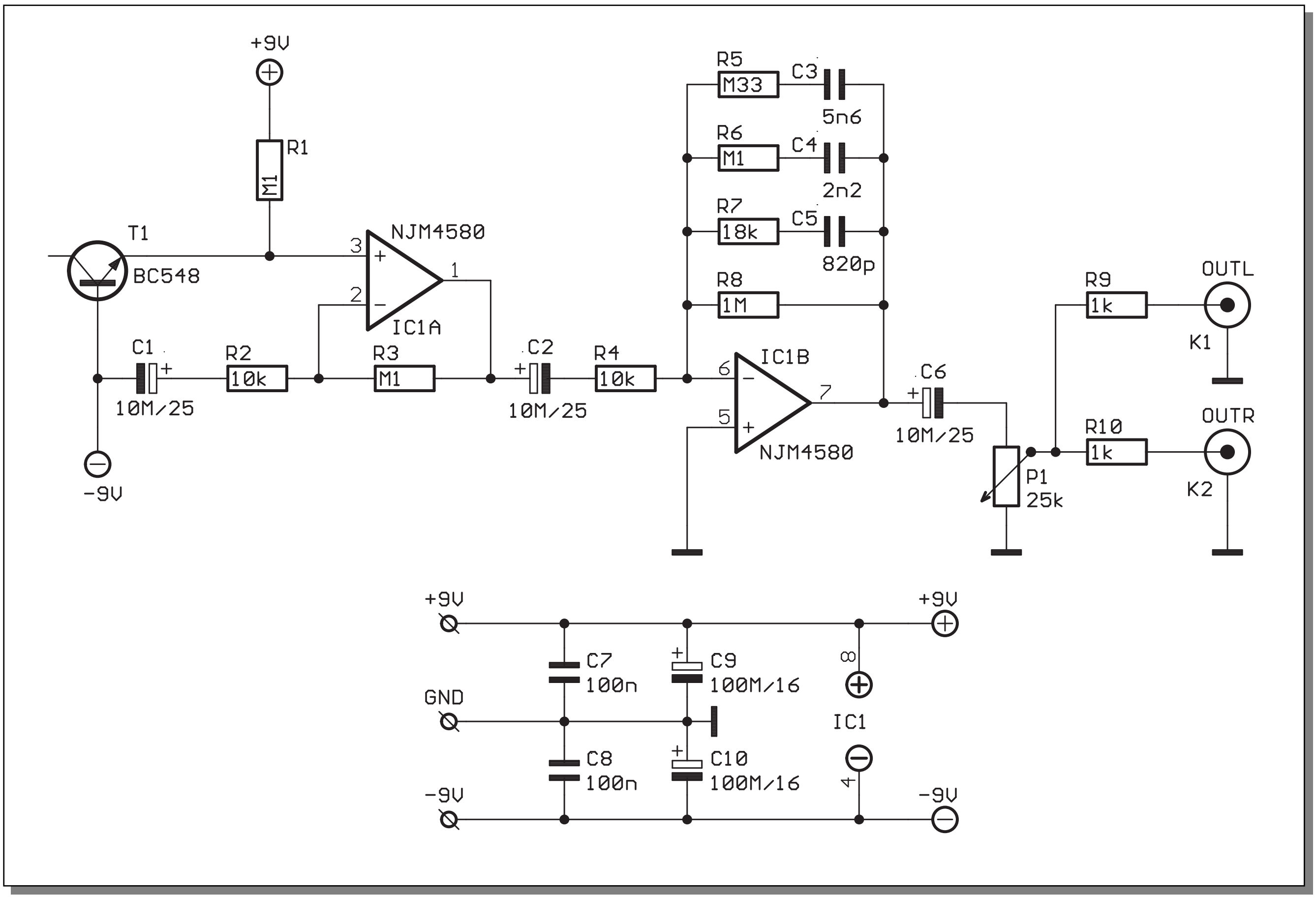
Obr. 4. Deska spojů - BOTTOM. Měřítko 2:1

Generátor růžového šumu

Při testování elektroakustických zařízení nebo akustických vlastností ozvučovaných prostor se s výhodou používají šumové generátory. Jejich výstupní signál by měl v optimálním případě být širokopásmový a pokrývat celé akustické pásmo. K nejčastěji používaným druhům patří tzv. bílý a růžový šum. Bílý šum má konstantní napěťovou úroveň pro všechny složky signálu. Naproti tomu, amplituda růžového šumu se směrem ke zvyšujícím se frekvencím snižuje se strmostí –3 dB/oktávu. Tato strmost je dána požadavkem na konstantní výkonovou úroveň v celém akustickém pásmu, platící pro shodný kmitočtový úsek (např. akustický výkon v pásmu jedné oktávy od 100 do 200 Hz musí být shodný jako pro oktávu od 1 kHz do 2 kHz).

Zdroje šumu jsou v podstatě dvojí. Jednodušší (a častěji používaný) je šum, generovaný na polovodičovém přechodu orientovaném v závěrném směru v oblasti průrazu. Tím může být Zenerova dioda nebo častěji obráceně polarizovaný přechod E-B tranzistoru.

Druhou skupinu generátorů tvoří digitální zapojení, realizované kruhovým posuvným registrem. Ten může být složen z běžných hradel, nebo existují specializované jednoúčelové integrované obvody, pracující právě jako šumové generátory. V tomto



Obr. 1. Schéma zapojení generátoru růžového šumu

neobsahuje žádné nastavovací prvky a měl by při pečlivé práci fungovat na první zapojení. Díky miniaturním rozměrům desky s plošnými spoji lze metronom vestavět do prakticky libovolné krabičky. Desku metronomu stačí uchytit za hřídelku potenciometru, případně ještě pomocí kovových úhelníčků za otvory v přední části desky.

Závěr

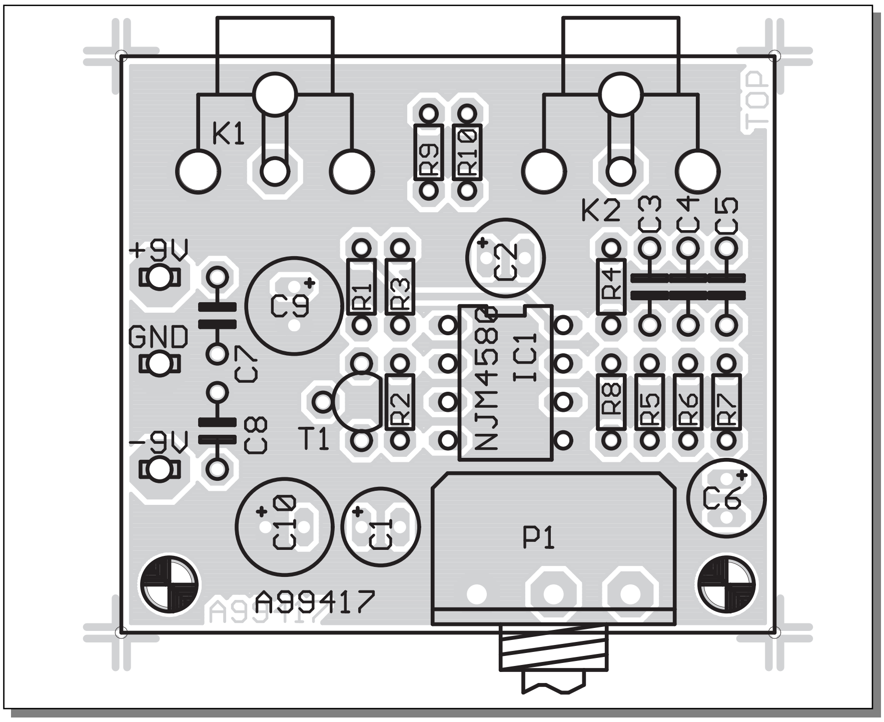
Popsané zařízení je vzhledem ke své jednoduchosti vhodné i pro začínající a méně zkušené elektroniky. Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou A416 stojí 39,- Kč, kompletní stavebnice metronomu A99416, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 129,- Kč.

případě se sice nejedná o zdroj zcela náhodného signálu (vždy po určité době se opakuje), ale délka cyklu je dostatečně dlouhá, takže se při měření prakticky neuplatní.

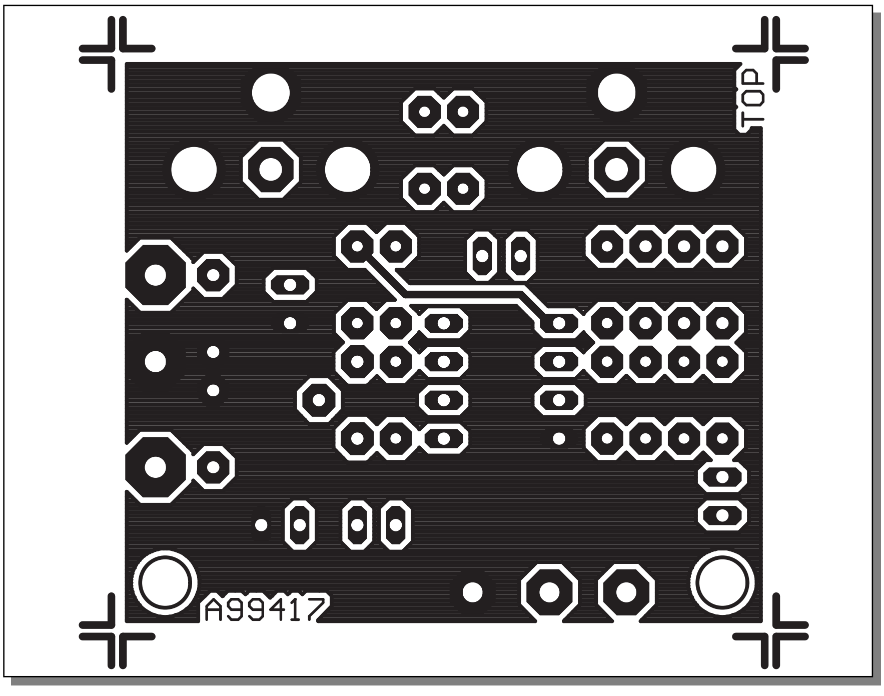
V našem případě je pro konstrukci použit první princip, tj. s tranzistorem zapojeným v závěrném směru.

Popis

Schéma zapojení je na obr. 1. Jak již bylo řečeno, přechod E-B tranzistoru T1 je polarizován v závěrném směru a je napájen přes odpor R1. Stejnosměrně se průrazné napětí přechodu E-B pohybuje okolo 7,5 V.



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



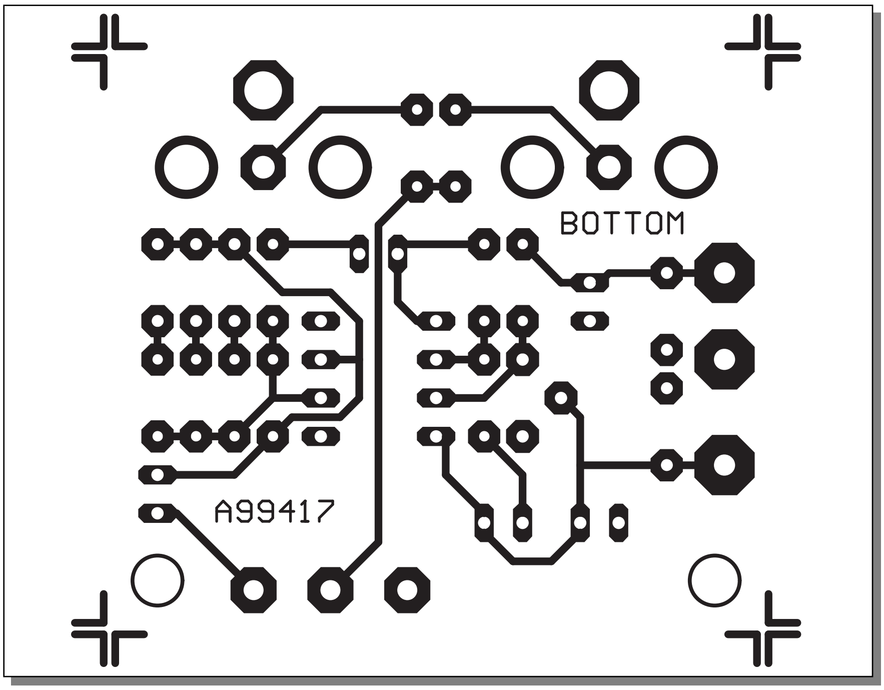
Obr. 3. Deska spojů - TOP. Měřítko 2:1

Vlastní šumové napětí má amplitudu asi 30 mV. První zesilovací stupeň je realizován obvodem IC1A a jeho zesílení je přibližně 11 (20,8 dB). Protože pro správnou činnost Zenerovy diody přechodu E-B tranzistoru T1 je potřeba vyšší napětí, musíme generátor napájet ze dvou destičkových baterií 9 V. Na druhé straně, odběr generátoru je velmi malý, takže s jedněmi bateriemi vydržíme dostatečně dlouho. Za Vazebním kondenzátorem C2 je zařazen druhý operační zesilovač IC1B. V jeho zpětné vazbě je zapojena řada RC členů, které snižují zesílení směrem k vyšším kmitočtům se strmostí –3 dB/oktávu. Tuto strmost nelze dosáhnout jednoduchým zapojením filtru, neboť například běžný RC člen má strmost –6 dB/oktávu. Odpory R5 až R8 s kondenzátory C3 až C5 aproximují požadovanou charakteristiku v pásmu 20 Hz až 20 kHz s dostatečnou přesností.

Na výstupu je za oddělovacím kondenzátorem C6 potenciometr výstupní úrovně P1. Pro případné stereofonní použití je generátor opatřen dvěma výstupy s konektory cinch. Výstupní úroveň by měla být dostatečná pro většinu předpokládaných zařízení.

Stavba

Generátor růžového šumu je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 43 x 38 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Při stavbě nejprve zapájíme odpory a kondenzátory a na závěr polovodičové součástky. Protože generátor neobsahuje žádné nastavovací prvky, měl by při pečlivé práci fungovat na první zapojení. Po zapájení součástek generátor pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Pokud máme k dispozici osciloskop, zkontrolujeme průběh výstupního napětí. Signál by neměl mít oříznuté špičky (známky limitace), protože tím by se změnil charakter šumu. Pokud přeci jen limitaci



Obr. 4. Obrazec desky spojů - BOTTOM. Měřítko 2:1

Seznam součástek

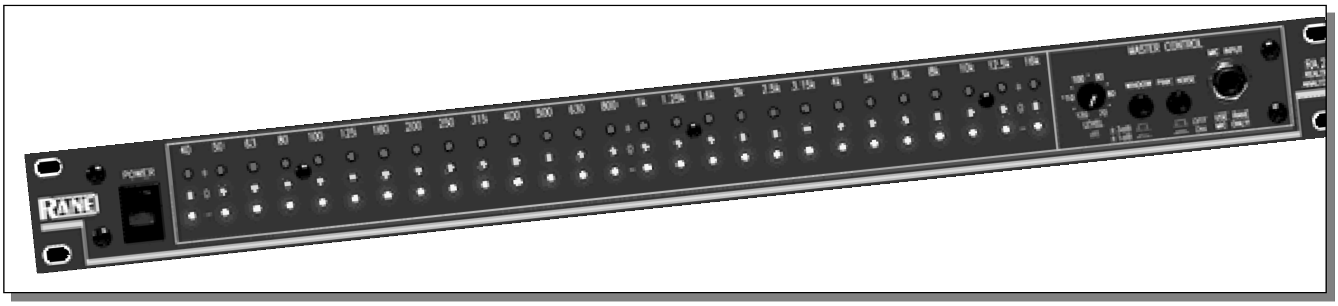
R1	100 kΩ
R2	10 kΩ
R3	100 kΩ
R4	10kΩ
R5	330 kΩ
R6	100 kΩ
R7	18 kΩ
R8	1 MΩ
R9	1 kΩ
R10	1 kΩ
C1	10 μF/25 V
C2	10 μF/25 V
C3	506 nF
C4	202 nF
C5	820 pF
C6	10 μF/25 V
C7	100 nF
C8	100 nF
C9	100 μF/16 V
C10	100 μF/16 V
IC1	NJM4580
T1	BC548
K1	CP560N
K2	CP560N
P1	25 kΩ-TP160

vidíme, zmenšíme o něco odpory R2 a R4 (např. na 4,7 kohmu). Tím by se limitace měla odstranit. Jinak stavba generátoru nepředstavuje žádná úskalí a zvládne ji bez problému i začínající amatér.

Závěr

Popsaný generátor je vhodný zejména ve spojení s RTA (Real Time Analyzer), které existují od nejjednodušších 7 až 10pásmových po profesionální 30pásmové (tzv. třetinooktávové). Měřicí frekvence jsou určeny mezinárodní ISO normou a na stejných kmitočtech pracuje i naprostá většina třetinooktávových equalizerů (kvalitní RTA mají také většinou generátor růžového šumu již vestavěn).

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou A417 stojí 49,- Kč, kompletní stavebnice metronomu A99417, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 179,- Kč.



Ukázka jednoduššího modelu spektrálního analyzéru americké firmy RANE.

Spektrální analyzéry

Jednodušší modely spektrálních analyzérů mají pro každé pásmo pouze malý počet LED (například 3 až 4 LED), takže nastavování musí probíhat v několika krocích s tím, že se přepínají citlivosti od nejmenší (hrubý rozsah) po největší (např. krok 1 dB). Tyto přístroje jsou použitelné pouze pro nastavení grafického equalizéru, průběžné sledování spektra je prakticky nemožné. Kvalitnější analyzéry mají pro každé pásmo větší počet diod (12 až 20), které jsou již schopny v reálném čase zobrazit spektrum sledovaného signálu.

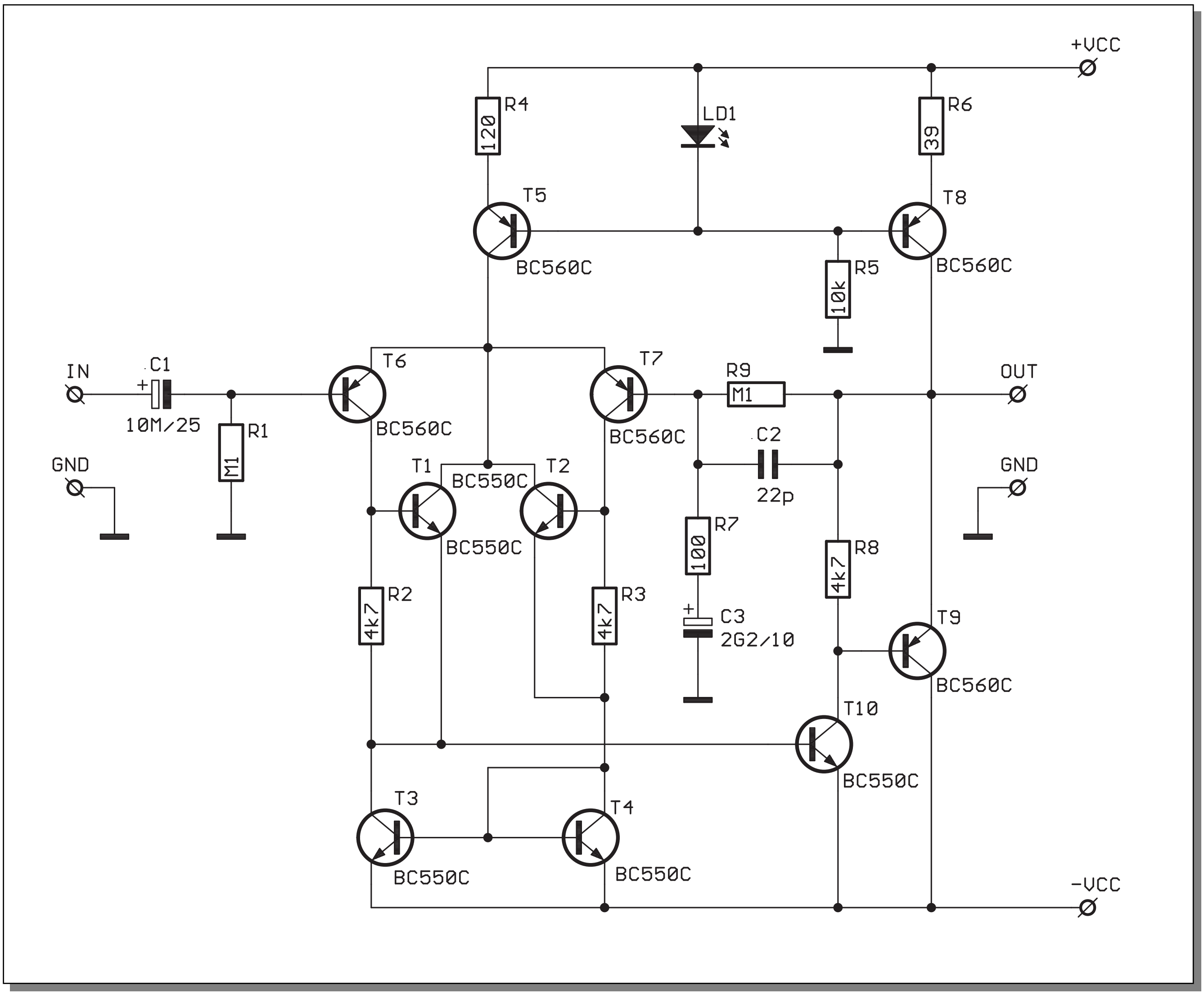
Hi-Fi předzesilovač z diskrétních součástek

I když dnes již existuje řada vynikajících monolitických zesilovačů, často kombinujících výhody bipolární i unipolární technologie, stále se mohou vyskytnout aplikace, kde je výhodnější použít předzesilovač z diskrétních součástek. Následující příspěvek popisuje jedno z možných řešení. Pokud se podíváme podrobněji na zapojení zesilovače, vidíme, že používá podobné obvodové řešení, které známe právě ze struktur operačních zesilovačů.

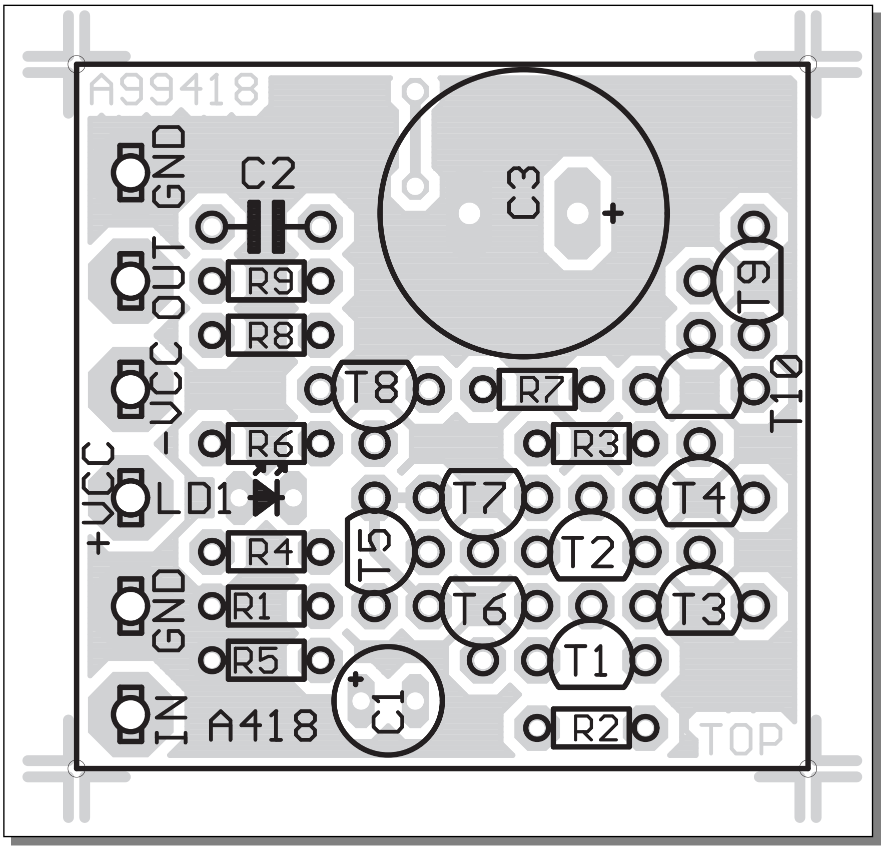
Popis

Schéma zapojení předzesilovače z diskrétních součástek je na obr. 1. Proti běžným operačním zesilovačům si můžeme všimnout, že zapojení má pouze jeden vstup. Zpětná vazba (a tím i zesílení obvodu) je určena odpory R9 a R7. Z jejich poměru vychází pevně nastavený zisk 60 dB (1000x).

Vstupní signál je přes kondenzátor C1 přiveden na první tranzistor T6. Odpor R1 určuje vstupní impedanci obvodu, tj. 100 kohmů. První diferenční pár T6, T7 je napájen ze zdroje proudu, tvořeného tranzistorem T5. Předpětí báze pro tranzistor T5 (a současně i pro T8) zajišťuje LED LD1. Z kolektorových odporů dvojice tranzistorů T6 a T7 je buzen další pár tranzistorů T1 a T2. Tranzistor T3 tvoří aktivní zátěž pro vstupní tranzistory T6, T1. Z aktivní zátěže T3 je buzen tranzistor T10 s tranzistorem T9, který opět pracuje do aktivní zátěže, tvořené tranzistorem



Obr. 1. Schéma zapojení Hi-Fi předzesilovače z diskrétních součástek



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji

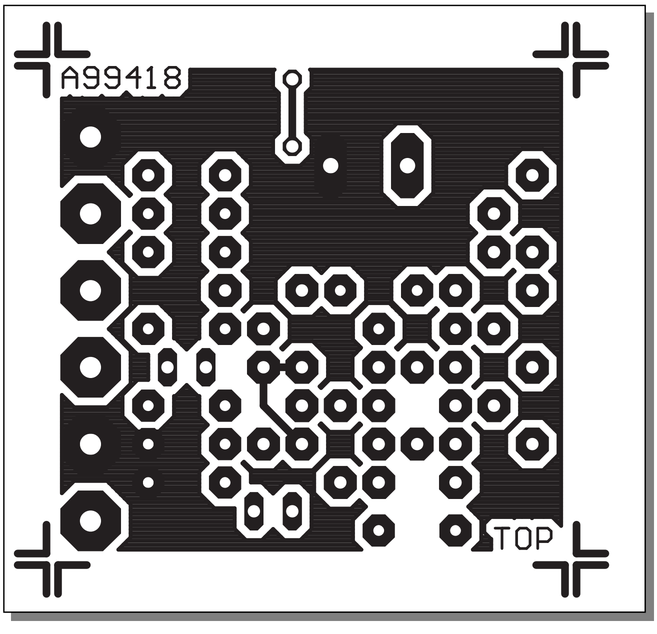
Seznam součástek

R1	100 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3	4,7 kΩ
R4	120 Ω
R5	10 kΩ
R6	39 Ω
R7	100 Ω
R8	4,7 kΩ
R9	100 kΩ
C1	10 μF/25 V
C2	22 pF
C3	2,2 mF/10 V
LD1	LED 3 mm
T1	BC550C
T2	BC550C
T3	BC550C
T4	BC550C
T5	BC560C
T6	BC560C
T7	BC560C
T8	BC560C
T9	BC560C
T10	BC550C

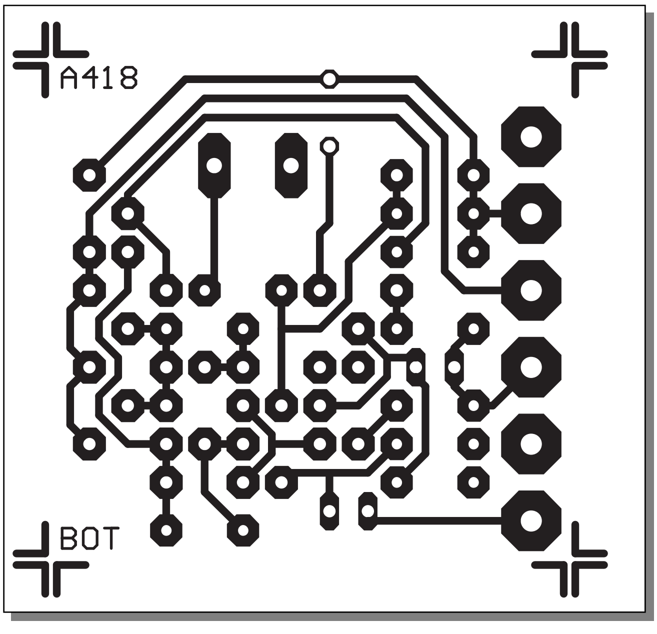
T8. Všechny použité tranzistory obou polarit jsou nízkošumové typu BC550C a BC560C s vysokou betou. Obvodové řešení se symetrickým vstupem a aktivními zátěžemi garantuje vysoké zesílení a dobrou linearitu v jednotlivých stupních. S uvedenými hodnotami součástek leží horní mezní kmitočet zesilovače nad 100 kHz při zesílení 60 dB. Podle původního pramene má popsané zapojení vynikající elektroakustické vlastnosti.

Stavba

Hi-Fi předzesilovač byl navržen na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 34 x 33 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



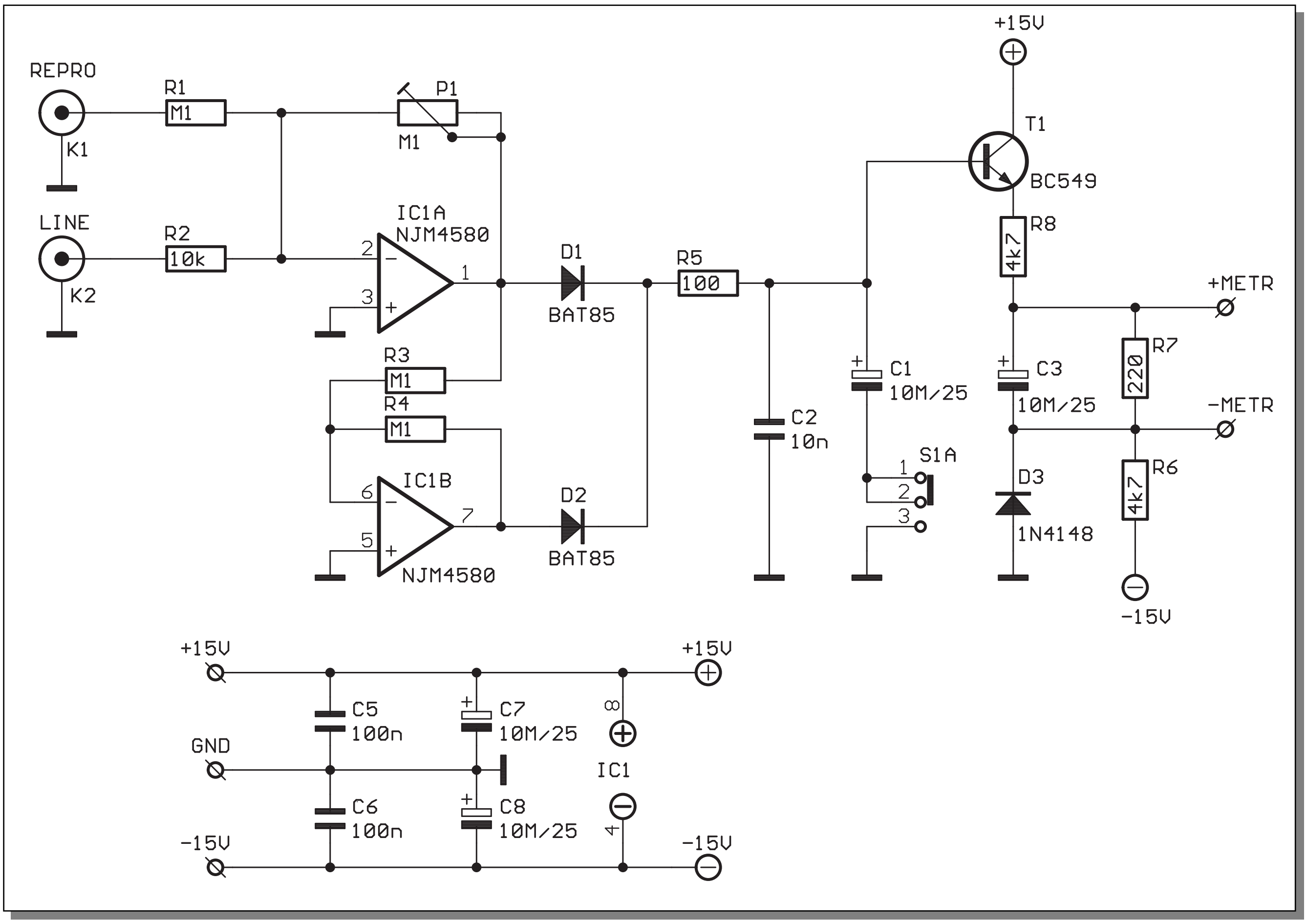
Obr. 3. Deska spojů - TOP. Měřítko 2:1



Obr. 4. Deska spojů - BOTTOM. Měřítko 2:1

VU a PPM metr s ručkovým měřicím přístrojem

I když v poslední době stále více přístrojů, vyžadujících precisněji kontrolovat úroveň zpracovávaného signálu, používá k indikaci optické prostředky (LED, fluorescenční displeje apod.), klasický ručkový VU metr si stále udržuje své místo na slunci. Název VU (Volume Unit) má staré kořeny ještě z doby starých



Obr. 1. Schéma zapojení VU metru s ručkovým přístrojem

je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Deska byla navržena tak, aby všechny vstupy/výstupy ležely na jedné straně desky s roztečí 5,08 mm (200 mil). Pokud použijeme například běžnou jednoduchou úhlovou adresovací lištu a odštípneme sudé kolíky, můžeme celou destičku použít jako modul do jiného zařízení.

V případě požadavku na změnu zesílení stačí upravit hodnoty odporů R7 a R9. Jinak je stavba předzesilovače velmi jednoduchá. Pouze poněkud omezený prostor na desce vyžaduje pečlivější práci. Snadno můžeme vytvořit cínový můstek.

Závěr

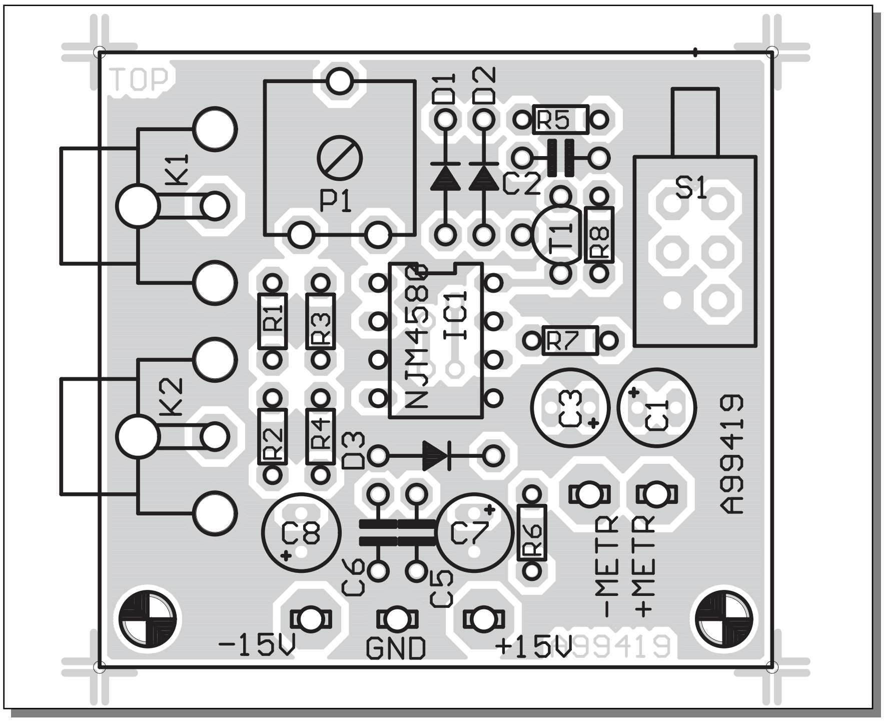
Popsaný předzesilovač můžeme použít všude tam, kde požadujeme nízký šum a zkreslení, velký rozkmit signálu a dobré kmitočtové vlastnosti. Cena za diskrétní řešení může být v některých případech i nižší než použití speciálního operačního zesilovače.

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou A418 stojí 39,- Kč, kompletní stavebnice Hi-Fi předzesilovače A99418, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 149,- Kč

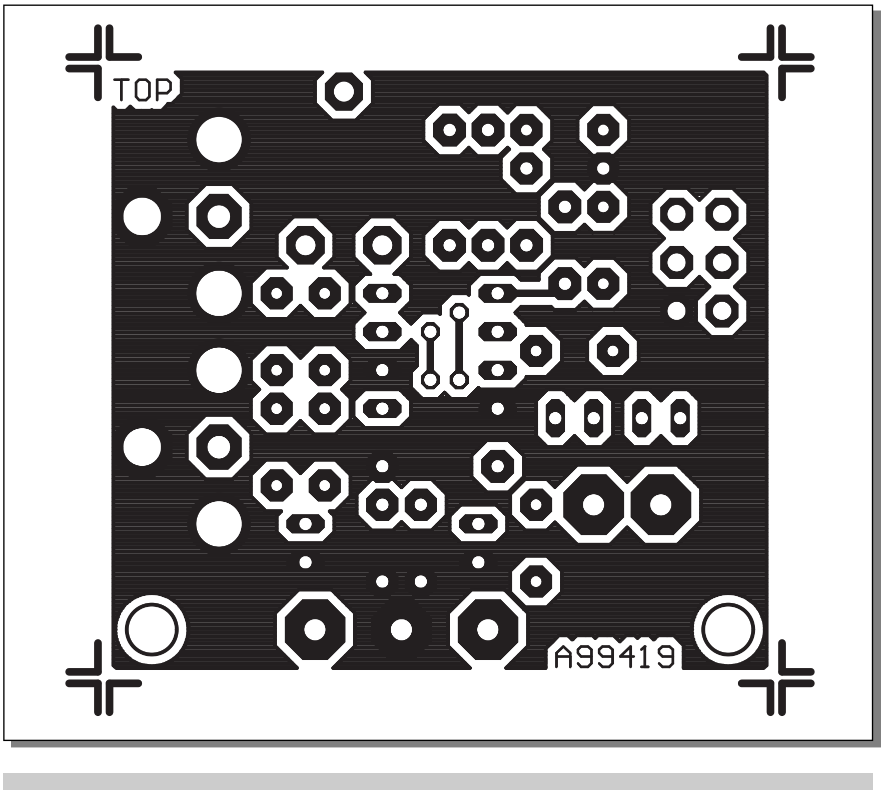
telekomunikačních zařízení. Protože však postupně, zejména s nástupem nových zařízení, jako jsou magnetofony nebo dokonce digitální záznam zvuku, přestával vyhovovat, bylo třeba najít nový standard. S tím přišla britská BBS a nový systém nazvala PPM (Peak Program Meter). Indikace PPM má výrazně kratší časové konstanty, což umožňuje lépe registrovat úrovňové špičky v signálu. Klasický VU metr by se měl při změně úrovně ustálit za 300 ms s minimálním překmitem. Protože 300 ms je poměrně dlouhá doba, používá se spíše rychlejší odezva asi 150 ms, i když to není podle normy.

Reálná konstrukce VU a PPM metru s ručkovým měřidlem je relativně komplikovaná, pokud by se měly striktně dodržet předepsané vlastnosti zařízení. Kromě elektrických vlastností totiž do značné míry záleží také na elektrodynamických vlastnostech měřicího systému a pro dosažení předepsaných časových konstant musí být příslušným způsobem upraven i návrh elektrických obvodů. Nelze tedy použít jedno obvodové řešení na různé typy měřidel.

V amatérských podmínkách tohoto návodu půjde tedy spíše o jakousi náhražku, která bude uspokojivě plnit funkci ručkového indikačního zařízení, ale bez nároku na exaktní dodržení všech předepsaných časových konstant.



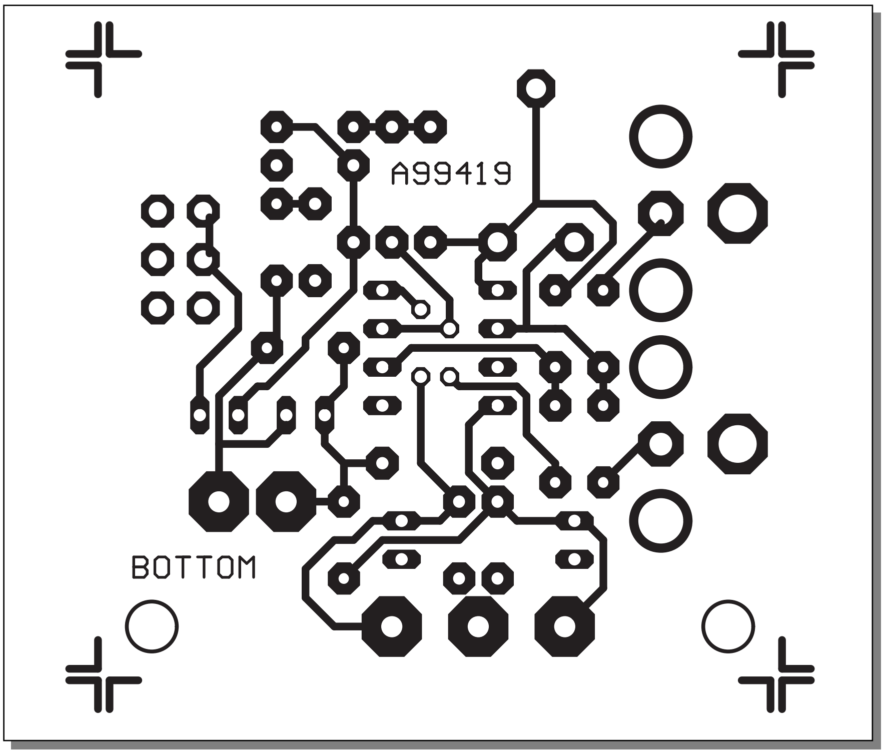
Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 3. Deska s plošnými spoji - TOP. Měřítko 2:1

Popis

Schéma zapojení VU a PPM metru je na obr. 1. Obvod je vybaven dvěma vstupy s rozdílnou citlivostí, aby bylo možné k VU metru připojit jak zdroj signálu zhruba o linkové úrovni, tak i reproduktorový výstup ze zesilovače. Za vstupními konektory je zapojen zesilovač a invertor s dvojitým operačním zesilovačem IC1A a ICB. Na tomto místě by měl být oboucestný operační (aktivní) usměrňovač. I když obvodové řešení dvoucestného usměrňovače se nezdá být příliš složitější, problém je v jejich rychlosti. Běžné operační zesilovače v obvodech aktivních usměrňovačů totiž nevyhovují z důvodů rychlosti a použití speciálních rychlých zesilovačů by zapojení značně prodražilo. Proto je použit jednoduchý celovlněný usměrňovač s diodami D1 a D2. Na tomto místě nelze použít běžné křemíkové diody, např. 1N4148, protože mají příliš velký úbytek napětí (asi 0,7 V). Optimální jsou germaniové diody nebo Schotky, které mají v propustném směru 0,2 až 0,3 V. Usměrněné napětí je pak přes



Obr. 4. Deska s plošnými spoji - BOTTOM. Měřítko 2:1

odpor R5 přivedeno na kondenzátor C2. Malá kapacita 10 nF zaručuje krátké časové konstanty v režimu PPM. Delší časové konstanty a tím i pomalejší odezvu na změny úrovně signálu (režim VU metru) docílíme připojením kondenzátoru C1 přepínačem S1. Aby nebyly kondenzátory C1 a C2 nadměrně vybíjeny připojeným měřidlem, je na výstup filtru (C1, C2) připojen sledovač s tranzistorem T1. Odpor R7 zmenšuje vnitřní tlumení přístroje (typické metry pro VU mají vnitřní odpor asi 3500 ohmů, což přispívá k rychlejší odezvě zejména v režimu PPM. Použité měřidlo by mělo mít citlivost asi 50 μA. Pokud použijete nějaké výrazně odlišnější, správnou citlivost nastavíte změnou odporů R8, R7 a R6.

Stavba

VU metr je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 44 x 40 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Všechny součástky s výjimkou ručkového měřidla jsou umístěny na desce s plošnými spoji. Stavbu začneme osazením odporů, kondenzátorů a na závěr zapájíme polovodiče. Po zapájení celou desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Stavba VU metru je velmi jednoduchá a zvládne ji i začátečník.

Závěr

Popsaný VU metr a PPM můžeme použít ve všech běžných případech, kde byl použit například LED VU Metr. Přepínání režimů VU a PPM umožňuje lépe si přizpůsobit přístroj způsobu použití.

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou A419 stojí 39,- Kč, kompletní stavebnice VU a PPM Metru A99416, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 129,- Kč.

Seznam součástek

R1	100 kΩ
R2	10 kΩ
R3	100 kΩ
R4	100 kΩ
R5	100 Ω
R6	4,7 kΩ
R7	220 Ω
R8	4,7 kΩ
C1	10 μF/25 V
C2	10 nF
C3	10 μF/25 V
C5	100 nF
C6	100 nF
C7	10 μF/25 V
C8	10 μF/25 V
D1	BAT85
D2	BAT85
D3	1N4148
IC1	NJM4580
T1	BC549
K1	CP560N
K2	CP560N
P1	100 kΩ-PT10L
S1	PS-22F

Předlohy desek s plošnými spoji na Internetu

Jak jsme vás již několikrát informovali, předlohy desek s plošnými spoji ke konstrukcím, uveřejněným v časopise Stavebnice a konstrukce si můžete ve formátu PDF stáhnout z naší internetové adresy *www.jmtronic.cz*. Tyto soubory si můžete vytiskout na libovolné tiskárně, použít modrou nažehlovací fólii do laserových tiskáren k tepelnému přenosu - nažehlením - přímo na desku spojů (k dostání například u firmy CADware Liberec) nebo si v některém DTP studiu nechat zhotovit filmovou předlohu.

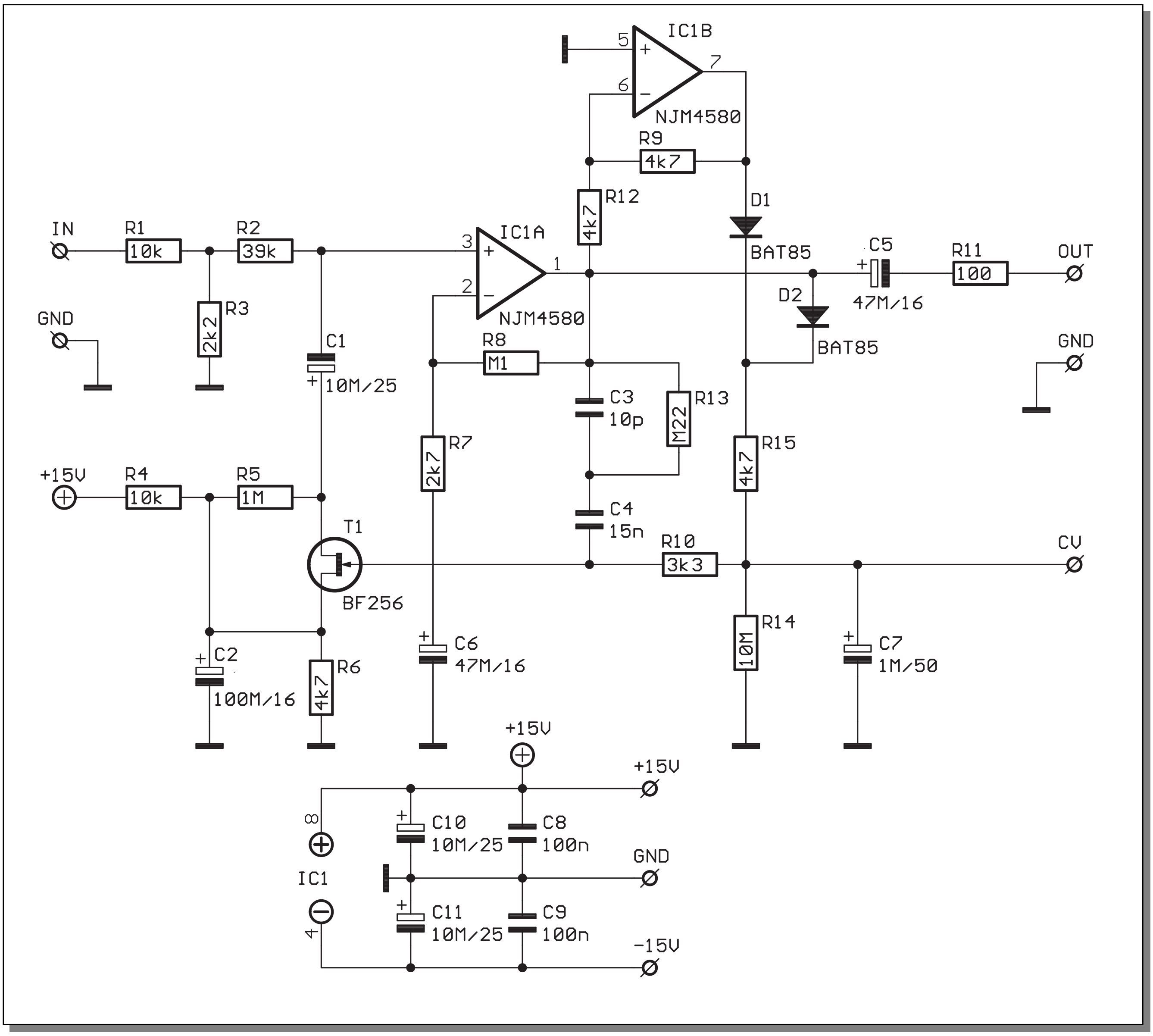
Špičkový limiter

V profesionální praxi se pro konstrukci kompresorů a limiterů, tedy přístrojů, založených na napěťově řízených zesilovačích, používá speciálních integrovaných obvodů. S některými z nich jsme se již na stránkách AR podrobněji seznámili. Konstrukce s nimi jsou relativně jednoduché při dosažení výborných vlastností. Na druhé straně ale tyto obvody nepatří k nejlacinějším. Limiter, který popisujeme v následujícím příspěvku, je sice zhotoven z běžně dostupných součástek, nemá tak excelentní parametry jako např. obvody THAT, je však několikanásobně levnější. A protože existuje mnoho aplikací, kde až tak studiové parametry nepotřebujeme, může se vám hodit i tato popisovaná.

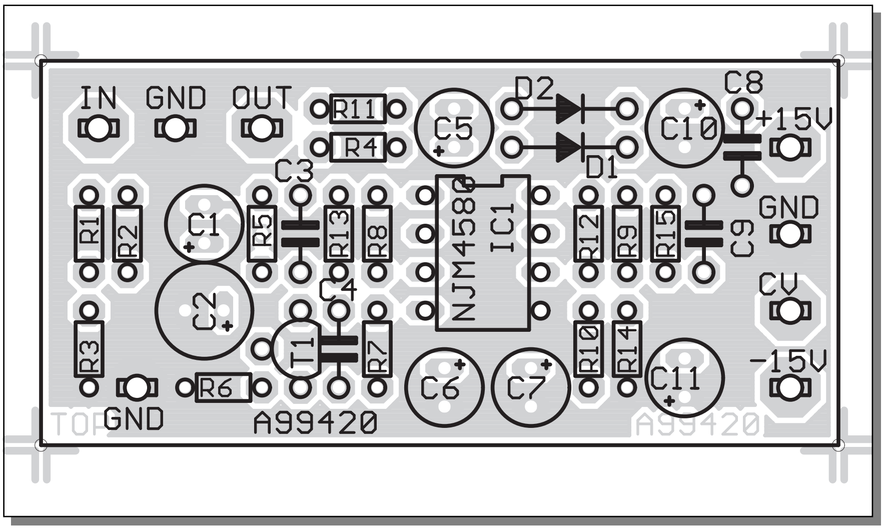
Jednou z nejběžnějších metod, jak realizovat napěťově řízený zesilovač, je použití tranzistoru JFET jako proměnného odporu. Umístíme-li do signálové cesty odporový dělič, složený z normálního odporu a odporu vodivého kanálu JFET tranzistoru, můžeme řídit dělicí poměr a tím i celkový zisk. Určitým omezením je nutnost udržet signál na nízké úrovni, neboť by výrazně vzrostlo zkreslení a nelinearita tranzistoru JFET. Při korektním návrhu limiteru můžeme docílit zkreslení řádově v desetinách %, což je vyhovující.

Popis

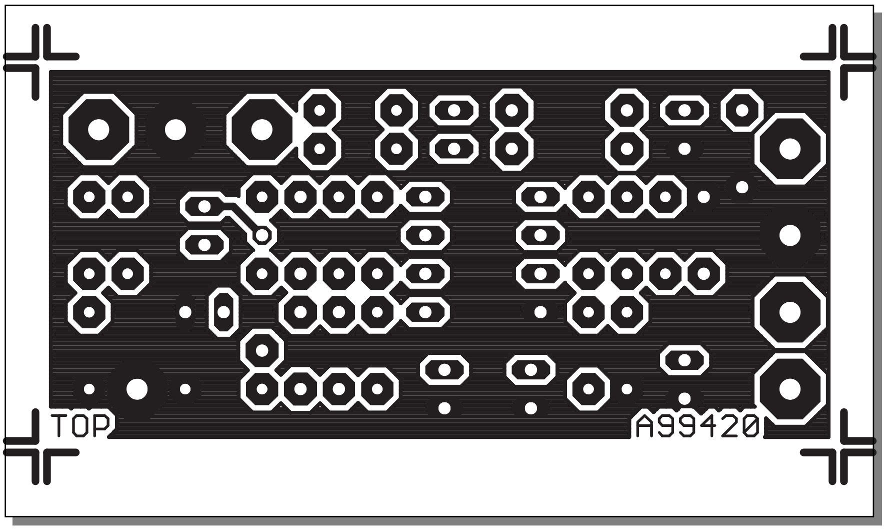
Schéma zapojení limiteru s JFET tranzistorem je na obr. 1. Na vstupu je odporový dělič R1, R3, který



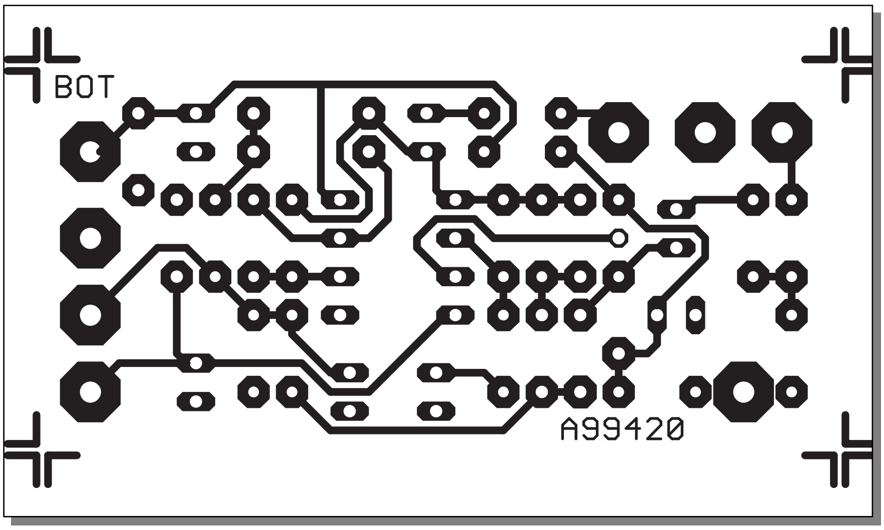
Obr. 1. Schéma zapojení špičkového limiteru



Obr. 1. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 3. Deska spojů - TOP. Měřítko 2:1



Obr. 4. Deska spojů - BOTTOM. Měřítko 2:1

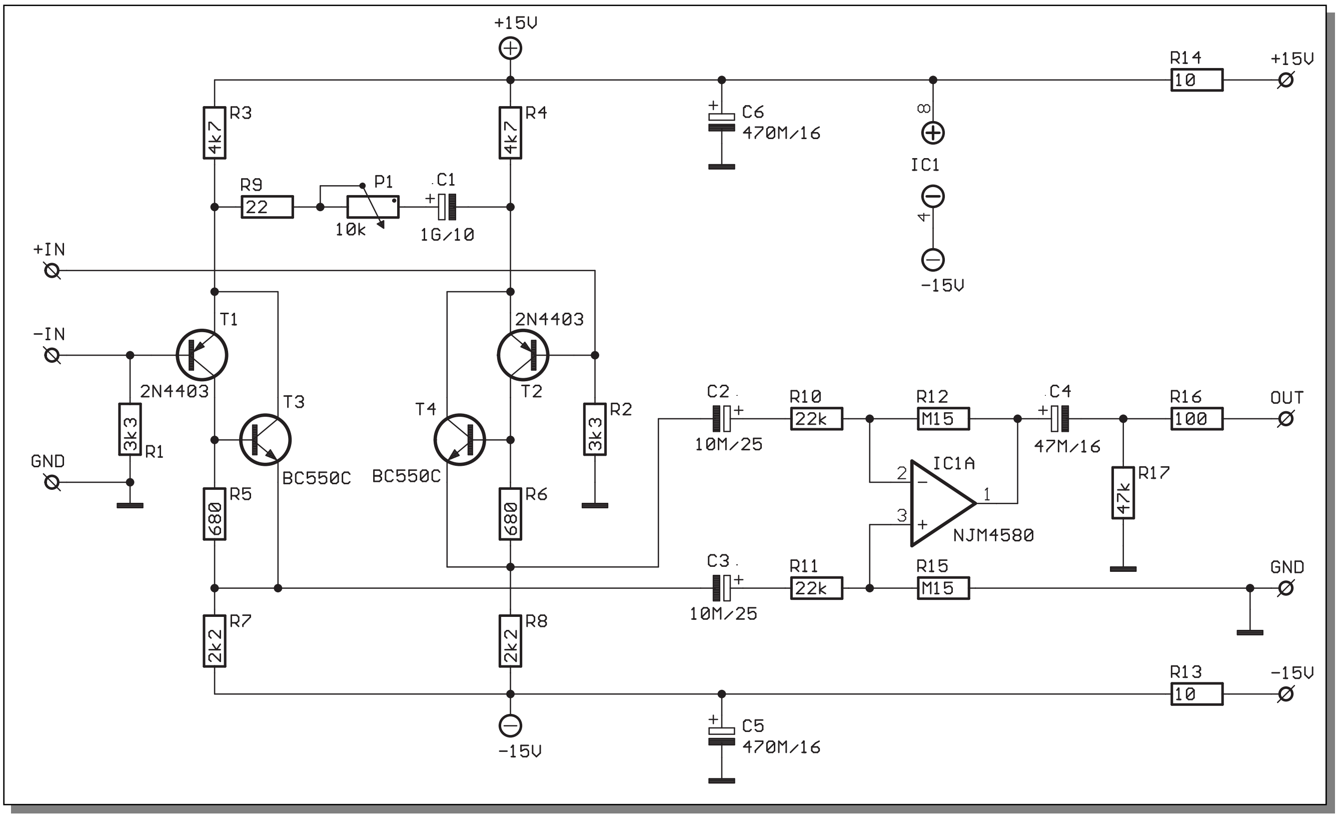
zeslabuje signál asi na 1/5 původní velikosti. Za tímto děličem následuje další, tvořený odporem R2 a odporem kanálu tranzistoru T1. Kondenzátor C1 a C2 oddělují stejnosměrné napěťové úrovně kolem tranzistoru T1. Operační zesilovač IC1A nahrazuje ztrátu na obou vstupních děličích. Výstup ze zesilovače je jednocestně usměrňován diodou D2, která přes odpor R15 nabíjí kondenzátor C7. Tím je dán čas náběhu (attack time) asi 5 μs. Kondenzátor C7 se vybíjí přes odpor R14, přičemž časová konstanta doběhu je asi 1 s. Změny obou časových konstant v případě potřeby docílíme změnou obou odporů (R14 a R15). Druhá polovina IC1B je zapojena na výstupu IC1A jako invertor, takže oba zesilovače společně s diodami D1 a D2

Seznam součástek

R1	10 kΩ
R2	39 kΩ
R3	2,2 kΩ
R4	10 kΩ
R5	1 MΩ
R6	4,7 kΩ
R7	2,7 kΩ
R8	100 kΩ
R9	4,7 kΩ
R10	3,3 kΩ
R11	100 Ω
R12	4,7 kΩ
R13	220 kΩ
R14	10 MΩ
R15	4,7 kΩ
C1	10 μF/25 V
C2	100 μF/16 V
C3	10 pF
C4	15 nF
C5	47 μF/16 V
C6	47 μF/16 V
C7	1 μF/50 V
C8	100 nF
C9	100 nF
C10	10 μF/25 V
C11	10 μF/25 V
D1	BAT85
D2	BAT85
IC1	NJM4580
T1	BF256

Mikrofonní předzesilovače

Jednou z nejčastěji diskutovanou oblastí nf techniky je návrh kvalitních předzesilovačů. Zejména zdroje signálu s nízkou úrovní, jako jsou mikrofony nebo magnetodynamické přenosky, vyžadují použití speciálních součástek nebo obvodových řešení pro dosažení dobrých parametrů. Pokud se zaměříme na mikrofonní před-



Obr. 1. Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače I

zajišťují celovlnné usměrnění zpracovávaného signálu. Zpracovávaný signál je pak přes oddělovací kondenzátor C5 a odpor R11 přiveden na výstup limiteru.

Funkce limiteru je následující. Dosáhne-li zpracovávaný signál jisté úrovně, přes diody D1 a D2 se nabije kondenzátor C7. Napětí na C7 se přes odpor R10 dostane na řídicí elektrodu tranzistoru T1, který se začne otevírat a tím se zmenší dynamický odpor jeho vodivého kanálu. Změna dělicího poměru děliče R2/T1 sníží výstupní napětí limiteru. Kondenzátory C3, C4 a odpor R13 slouží pro linearizaci zapojení a zmenšují zkreslení limiteru.

Obvod je napájen symetrickým napětím ±15 V, proudová spotřeba je asi 10 mA.

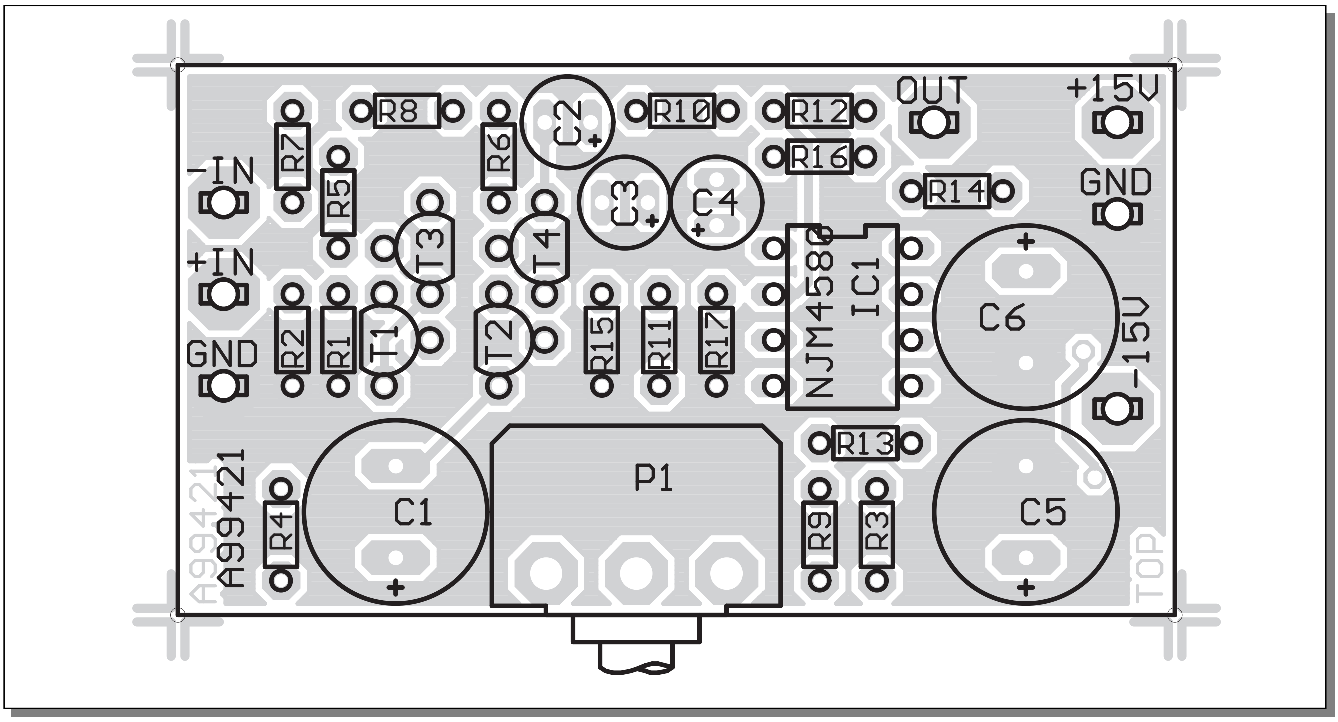
Stavba

Špičkový limiter je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 53 x 25 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Stavba limiteru je poměrně snadná a protože zapojení neobsahuje žádné nastavovací prvky, měl by limiter po připojení napájecího napětí a vstupního signálu normálně pracovat.

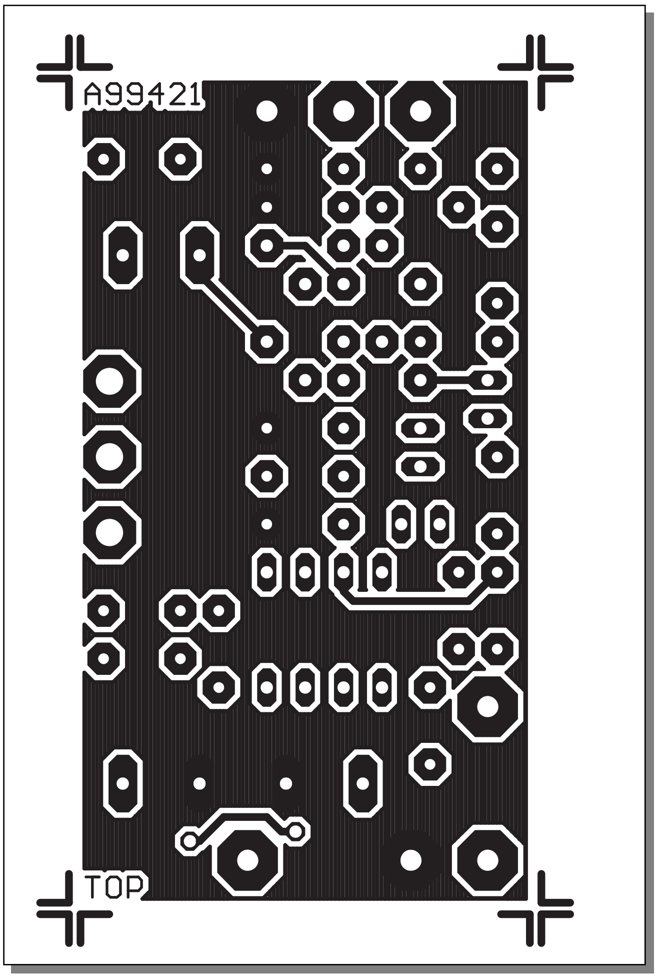
Závěr

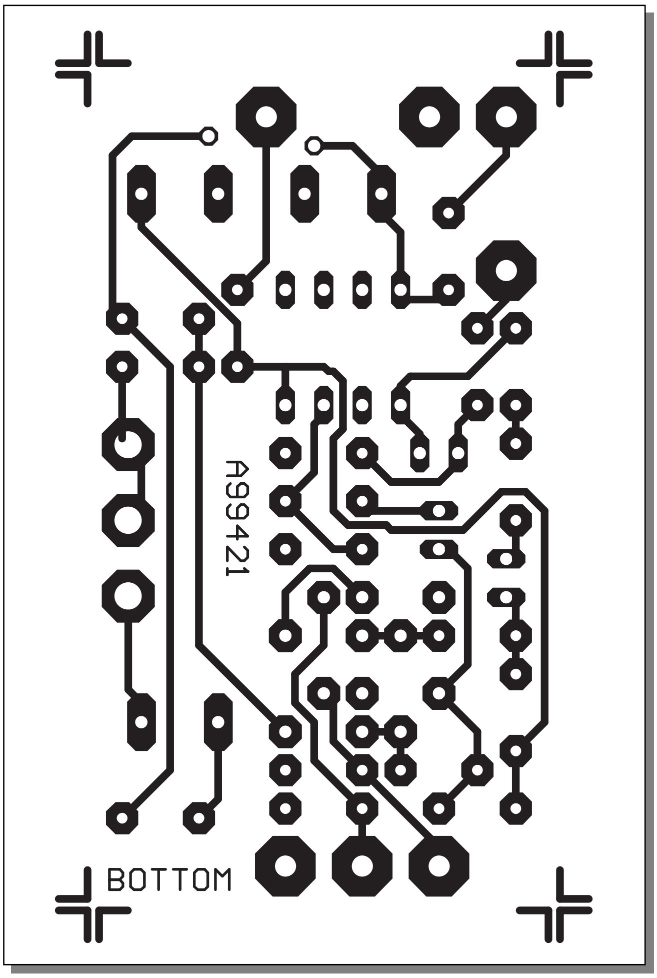
Popsaný limiter je vhodný pro řízení zesílení v nf přístrojích, ve kterých nejsou kladeny extrémní nároky na kvalitu přenosu nebo není požadována možnost ovládat nastavení limiteru. Proto se tento typ tak, jak je popsán, nehodí například pro použití v hudebních a ozvučovacích aparaturách. Na druhé straně je vhodný do komunikačních zařízení, jako jsou hlasité telefony, interkomy apod., kde se jednorázově nastaví (přizpůsobí) danému použití.

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou A420 stojí 79,- Kč, kompletní stavebnice limiteru A99420, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 169,- Kč.



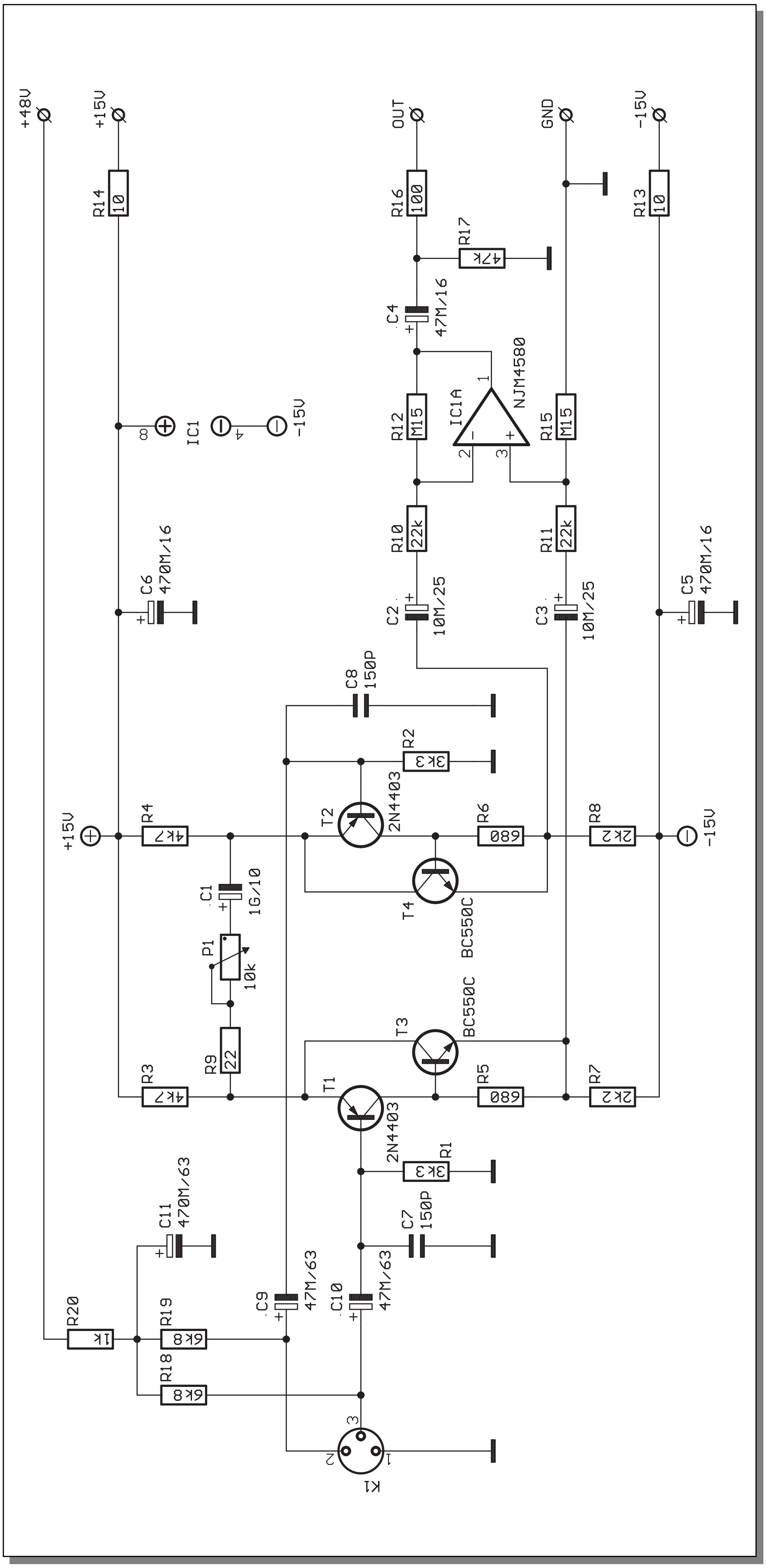
Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji





Obr. 3. Deska spojů - TOP. Měřítko 2:1

Obr. 4. Deska spojů - BOTTOM. Měřítko 2:1



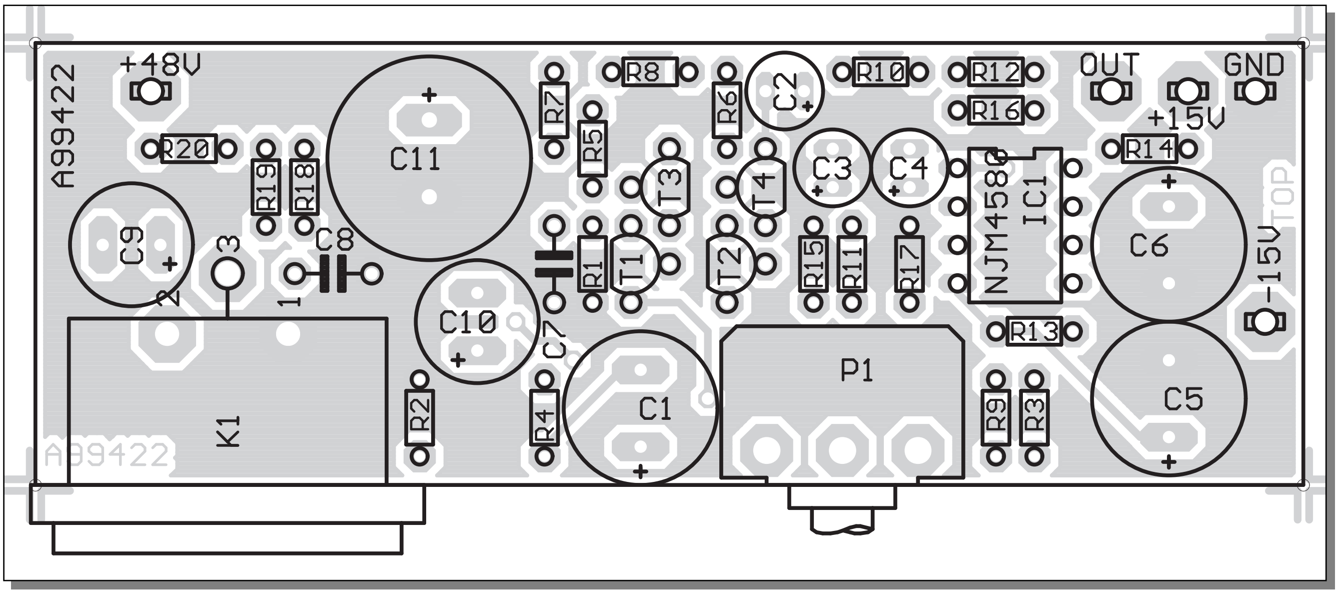
Obr. 5. Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače II

Seznam součástek

R1	3,3 kΩ
R2	3,3 kΩ
R3	4,7 kΩ
R4	4,7 kΩ
R5	680 Ω
R6	680 Ω
R7	2,2 kΩ
R8	2,2 kΩ
R9	22 Ω
R10	22 kΩ
R11	22 kΩ
R12	150 kΩ
R13	10 Ω
R14	10 Ω
R15	150 kΩ
R16	100 Ω
R17	47 kΩ
C1	1 mF/10 V
C2	10 μF/25 V
C3	10 μF/25 V
C4	47 μF/16 V
C5	470 μF/16 V
C6	470 μF/16 V
IC1	NJM4580
T1	2N4403
T2	2N4403
T3	BC550C
T4	BC550C
P1	10 kΩ-TP160A

zesilovače (což jsou prakticky vstupní obvody každého mixážního pultu), nalezneme celou řadu variant.

Pokud neuvažuji „sprosté“ připojení mikrofonu přímo na vstup běžného operačního zesilovače (TL-072, NE5532 apod.), lze použít vstup řešený diskrétně (s tranzistory) nebo speciální mikrofonní předzesilovač (SSM2017), který má sice výborné vlastnosti, ale cena okolo 130,- Kč také není zanedbatelná. Proto jsou obvody SSM2017 používány zahraničními výrobci až u pultů s katalogovou cenou okolo 20 000 USD a výše (samozřejmě existují i výjimky, které však potvrzují pravidlo). Výrobci „levnějších“ mixážních pultů pak poukazují na některé horší vlastnosti SSM2017, jako je například vyšší šum



Obr. 6. Rozložení součástek na desce předzesilovače II

obvodu při menších zesíleních, nebo inzerují vlastní „geniální řešení“ vstupních obvodů. Osobně se domnívám, že SSM2017 patří k tomu nejlepšímu, co lze na vstup dát (až na tu cenu). Ale jak jsem se již před časem zmínil, THAT Corporations již ohlásil následníka SSM2017, který by měl mít některé výše uvedené nectnosti odstraněny. Kdy ale bude reálně na trhu je zatím ve hvězdách. THAT nepatří zrovna k firmám, které by trhaly rekordy v rychlosti uvádění novinek do oběhu.

Pokud tedy vynecháme SSM2017, slušný vstup musí být osazen tranzistorovým párem. I zde THAT nabízí speciální tranzistorové dvojice nebo čtveřice, ale cena je ještě vyšší než u SSM2017. Naopak i u renomovaných výrobců naleznete na vstupech zdánlivě obyčejné tranzistory doslova za několik korun, často primárně ani ne určené pro nf, natož nízkošumové, ale pro spínací účely. Nejsem si zcela jist příčinou, ale může to být z důvodů velmi nízké impedance zdroje signálu – typicky má běžný dynamický mikrofon vnitřní odpor 150 až 600 ohmů. Nízkošumový tranzistor vykazuje typicky minimální šum při odporu Rg řádově kolem kohmu a výše, kdežto při Rg mikrofonu na tom může být spínací tranzistor šumově lépe. Ale to je pouze domněnka, je-li to jinak, rád se nechám poučit.

V některých zapojeních naleznete vstupní tranzistory dokonce paralelně řazeny, opět je to otázka impedance zdroje signálu. Na stránkách Roda Elliota (*www.sound.au.com*) jsem nalezl docela zajímavě řešený tranzistorový vstup s tranzistory opačné vodivosti. Podle autora je tato kombinace (PNP 2N4403 a NPN BC550) podstatně lineárnější než jakýkoliv jiný běžný tranzistor. Zisk předzesilovače se nastavuje potenciometrem, zapojeným mezi emitory tranzistorů T1 a T2. Toto uspořádání (ostatně jako u většiny zapojení) vyžaduje potenciometr s exponenciálním průběhem nebo běžný logaritmický, ale hlasitost se přidává otáčením vlevo.

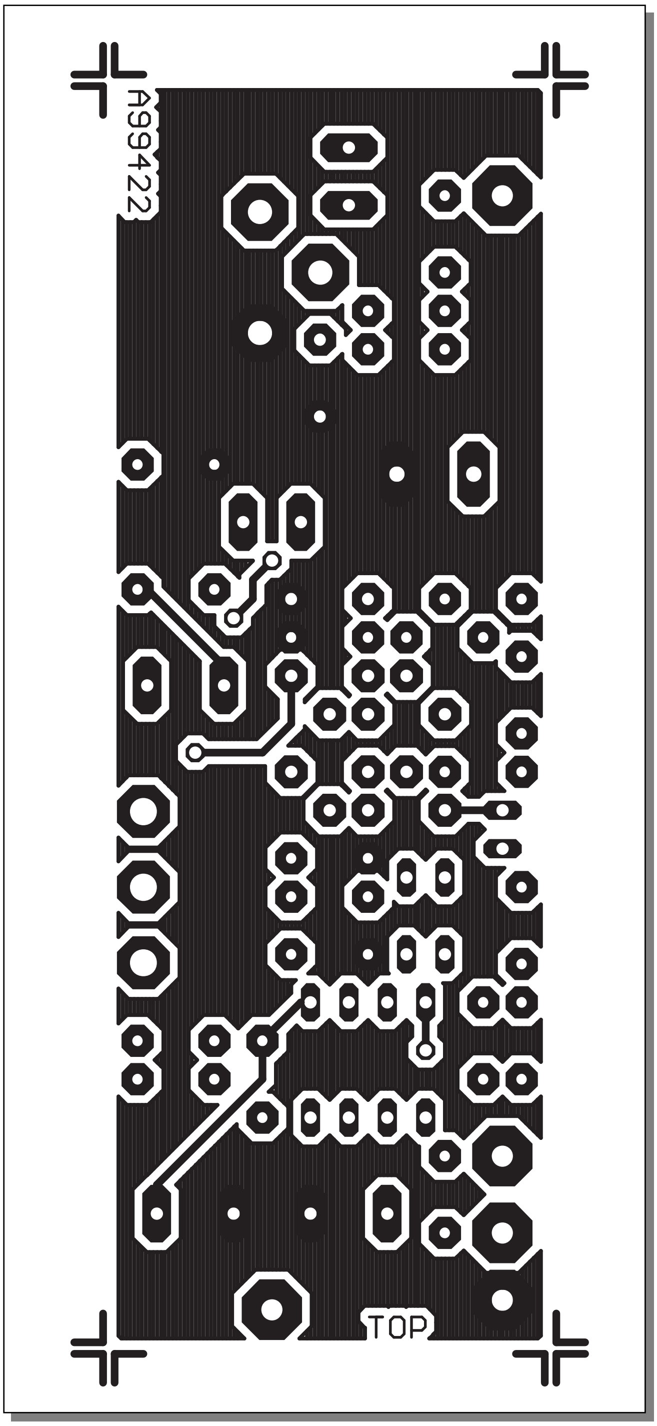
Připravili jsme pro vás dvě verze předzesilovače – jedna je holý předzesilovač s universálním použitím, druhý je navržen jako kompletní mikrofonní vstup včetně vstupního konektoru XLR a připojení phantom napájecího napětí +48 V.

Popis – předzesilovač I

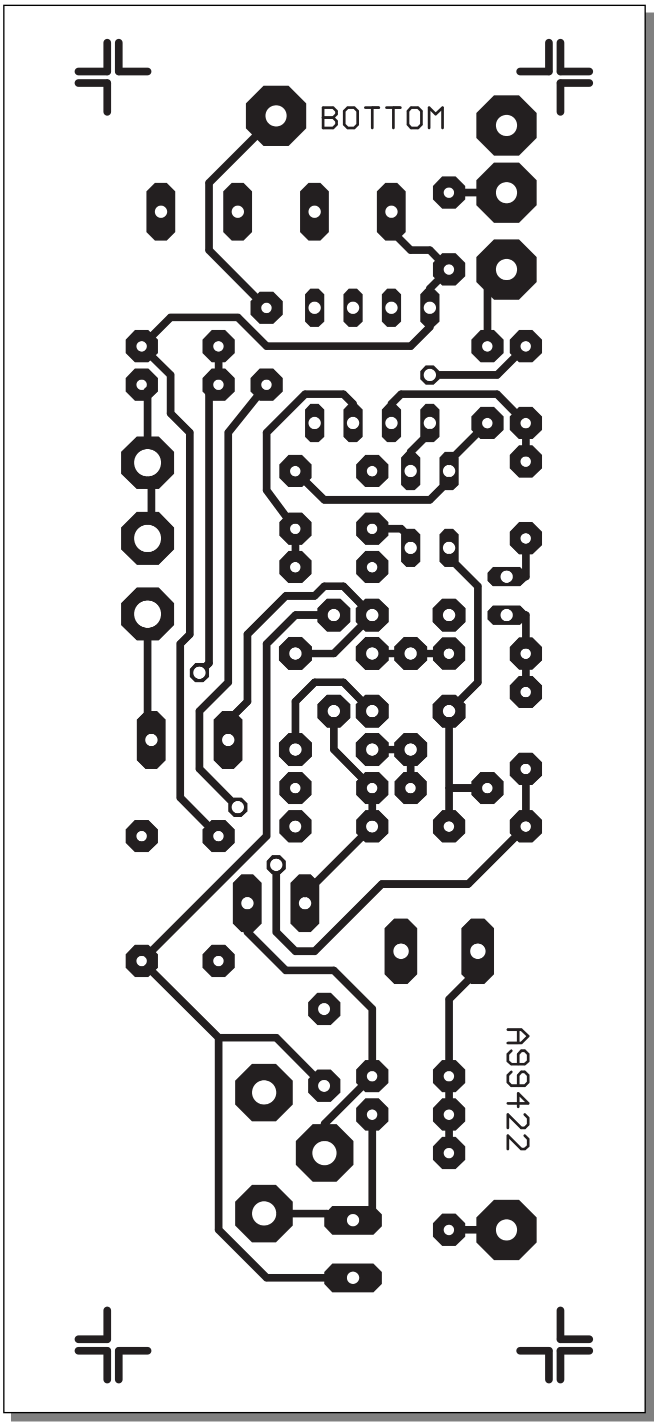
Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače v universálním provedení je na obr. 1. Vstupní symetrický signál je přiveden na dvojici tranzistorů T1/T3 a T2/T4. Na vstupech jsou odpory 3,3 kohmu, které upravují vstupní impedanci s ohledem na předpokládané připojení dynamického mikrofonu s vnitřní impedancí 150 až 600 ohmů. Potenciometr P1 nastavuje zisk vstupního zesilovače. Maximální zesílení celého předzesilovače při P1 nastaveném na minimální odpor je 1000 (60 dB). Protože tranzistorový vstup je přísně symetrický, musí být v následujícím stupni, tvořeném obvodem IC1A, znesymetrizován pro zpracování v následujících obvodech. K tomu slouží běžné zapojení symetrického zesilovače s odpory R10, R11, R12 a R15. Odpory kolem IC1A by měly být metalové 1% pro dobré potlačení součtového signálu (CMRR). Výstup předzesilovače je za vazebním kondenzátorem C4 udržován na nulovém potenciálu odporem R17 a chráněn odporem R16. Modul je napájen napětím ±15 V (což je běžné napájecí napětí v obdobných zařízeních).

Stavba

Mikrofonní předzesilovač I je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 55 x 30 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Stavba předzesilovače je



Obr. 7. Deska spojů - TOP. Měřítko 2:1



Obr. 8. Deska spojů - BOTTOM. Měřítko 2:1

poměrně jednoduchá a zvládne ji i méně zkušený muzikant, kterého nouze naučila bastlit.

Předzesilovač II

Zapojení kompletního mikrofonního předzesilovače (obr. 5) je určeno pro vestavbu do stávajícího zařízení. Modul je vybaven potenciometrem a konektorem XLR, stejně tak možností připojení napětí phantom +48 V. Schéma odpovídá zapojení předzesilovače I, je pouze doplněno o vstupní obvody. Z XLR konektoru K1 je signál přiveden na oddělovací kondenzátory C9 a C10. Ty musí být dimenzovány alespoň na napětí 63 V. Kladné napětí +48 V se na vstupní konektor dostává přes odpory 6,8 kohmu R18 a R19. Odpor R20 s kondenzátorem C11 zajišťuje ještě další filtraci phantom napájení. Zbytek obvodu je již shodný jako u předzesilovače I. Také obě napájecí větve mají v sérii zařazeny odpory 10 ohmů a poměrně značné filtrační kapacity 470 μF (C5 a C6).

Stavba

Mikrofonní předzesilovač II je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 84 x 30 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 6, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 7, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 8. Na stavbě zesilovače není nic záludného, je pouze potřeba pracovat pečlivě, rozlité stínicí měděné plochy jsou náchylnější k možnosti tvorby cínových můstků. Desku předzesilovače je možné snadno přichytit k panelu zařízení přišroubováním konektoru XLR a hřídelky potenciometru.

Závěr

Popsané mikrofonní předzesilovače jsou cenově zajímavou alternativou ke vstupním obvodům osazeným SSM2017 při dosažení lepších parametrů, než se vstupy osazenými pouze operačními zesilovači. Dvě provedení umožňují si vybrat výhodnější variantu podle předpokládaného použití. Provedení na dvoustranných deskách zmenšuje celkové rozměry předzesilovače, což usnadňuje jeho případnou vestavbu do stávajícího zařízení.

Seznam součástek

R1	3,3 kΩ	C1	1 mF/10 V
R2	3,3 kΩ	C2	10 μF/25 V
R3	4,7 kΩ	C3	10 μF/25 V
R4	4,7 kΩ	C4	47 μF/16 V
R5	680 Ω	C5	470 μF/16 V
R6	680 Ω	C6	470 μF/16 V
R7	2,2 kΩ	C7	150 pF
R8	2,2 kΩ	C8	150 pF
R9	22 Ω	C9	47 μF/63 V
R10	22 kΩ	C10	47 μF/63 V
R11	22 kΩ	C11	470 μF/63 V
R12	150 kΩ		
R13	10 Ω	IC1	NJM4580
R14	10 Ω	T1	2N4403
R15	150 kΩ	T2	2N4403
R16	100 Ω	T3	BC550C
R17	47 kΩ	T4	BC550C
R18	6,8 kΩ		
R19	6,8 kΩ	K1	XLR3F
R20	1 kΩ	P1	10 kΩ-TP160A

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou Předzesilovače I typ A421 stojí 69,- Kč, kompletní stavebnice Předzesilovače I, označená A99421, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 219,- Kč.

Samotná dvoustranná vrtaná a pocínovaná deska s prokovenými otvory a nepájivou maskou Předzesilovače II typ A422 stojí 89,- Kč, kompletní stavebnice Předzesilovače II, označená A99422, obsahující součástky podle rozpisky materiálu a desku s plošnými spoji, stojí 259,- Kč.

Mikrofonní předzesilovač THAT1510

Americká firma THAT Corporation již před časem oznámila vývoj obvodu pro mikrofonní předzesilovače, který by měl být vývodově kompatibilní se známým obvodem SSM2017, měl by však mít celkově lepší vlastnosti. Pouze pro představu uvádíme výběr z technických parametrů.

Výborné šumové vlastnosti v celém pásmu zesílení

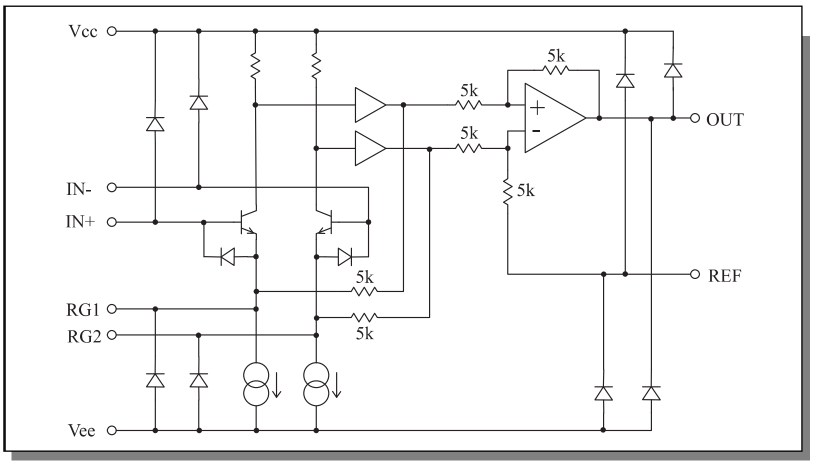
Velmi malé zkreslení THD+N v celém akustickém pásmu.

Velko šířku přenášeného pásma - 3 MHz při zesílení 1000

Rychlost přeběhu 28 V/μs při zesílení 10

Rozkmit signálu ±13 V při napájení ±15 V

Zisk nastavitelný externím odporem od 1 do >1000



Zjednodušené vnitřní zapojení obvodu THAT1510